

TARTU ÜLIKOOL
Majandusteaduskond

Kertu Mustonen

**MAJANDUSKASVU JA ENERGIATARBIMISE
VAHELISED SEOSSED EESTI JA TAANI NÄITEL**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: lektor Helen Poltimäe

Tartu 2018

Soovitan suunata kaitsmisele

(lektor Helen Poltimäe)

Kaitsmisele lubatud “ “..... 2018. a

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

(Kertu Mustonen)

SISUKORD

Sissejuhatus	4
1. Majanduskasvu, energiatarbimise ja keskkonnamõju vahelised seosed	7
1.1. Majanduse ja energiatarbimise vahelise seose teoreetilised alused	7
1.2. Majanduskasvu ja energiatõhususe vahelise seose teoreetilised alused	13
1.3. Energiatarbimisega kaasnevad keskkonnamõjud ja seosed majanduskasvuga.....	19
2. Majanduskasvu, energiatarbimise ja keskkonnamõju vahelised seosed Eesti ja Taani näitel.....	26
2.1. Majanduse ja energiatarbimise vahelised seosed Eestis ja Taanis.....	26
2.2. Majanduskasvu ja energiatõhususe vahelised seosed Eestis ja Taanis	34
2.3. Energiatarbimisega kaasnevad keskkonnamõjud Eestis ja Taanis.....	38
Kokkuvõte	47
Viidatud allikad.....	51
Lisad.....	57
Lisa 1. Korrelatsioonikordajad energiatarbimise, SKP ja CO ₂ emissiooni vahel Eestis	57
Lisa 2. Korrelatsioonikordajad energiatarbimise, SKP ja CO ₂ emissiooni vahel Taanis	57
Lisa 3. Korrelatsioonikordajad energiamahukuse ja SKP taseme vahel Eestis ja Taanis	58
Lisa 4. Regressioonmudeleid kirjeldavad näitajad.....	58
Summary	59

SISSEJUHATUS

Keskkonnateemad on muutunud aastate jooksul üha päevakajalisemaks ning paljud riigid teevad nii eraldiseisvatena kui ka teiste riikidega koostöös samme, et vähendada inimtegevuse mõju keskkonnale, sealjuures püüdes aeglustada kliima soojenemist. Üks kõige märkimisväärsim näide riikidevahelisest koostööst on ükshäälselt vastu võetud rahvusvaheline Pariisi kliimalepe. Selle raames lepiti kokku järgnevas: hoida ülemaailmse keskmise temperatuuri kasv alla 2°C; tõsta kohanemisvõimet kliimamuutuste kahjulike mõjude osas ja soodustada vastupidavust kliimamuutuste suhtes, edendades samal ajal ka kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamist; kujundada rahavood vastavalt madalama kasvuhoonegaaside emissiooni ja kliimakindla arendustegevuse suunas (Ühinenud Rahvaste Organisatsioon 2015: 3).

Peavoolu teadlased on ühel nõul, et kliima soojenemine on reaalne probleem ning selle vastu peab aktiivselt meetmeid rakendama. Kliima soojenemise tagajärjedeks on anomaaliad looduses: üha sagedasemad ja ekstreemsemad tormid ja üleujutused, Arktika rekordiline soojenemine jne. Seetõttu on oluline, et keskkonnateemasid peetaks silmas nii riiklike kui ka rahvusvaheliste ühenduste arengukavades. Kliimasoojenemist põhjustavad kasvuhoonegaasid, millest üks peamisi on süsihappegaas. Energiatarbimine põhjustab globaalses plaanis 80% kogu süsihappegaasi emissioonist, olles seeläbi peamiseks keskkonna saasteallikaks (Kaygusuz 2012: 1118). Majandusarengu puhul on energia oluliseks sisendiks, mistõttu on tähtis uurida energiatarbimise ja majanduskasvu vahelisi seoseid.

Keskkond mõjutab nii otseselt kui ka kaudselt inimeste igapäevaelu. Seetõttu on oluline teha jätkuvalt uurimusi keskkonnateemadel, püüdes samuti leida viise, kuidas oleks võimalik muuta erinevaid inimtegevusi keskkonnasõbralikumaks. Tehnoloogia ning

teaduse kiire areng on võimaldanud luua uusi ja efektiivsemaid viise energia tootmiseks ning ka tarbimiseks, tekitades võimaluse negatiivse keskkonnamõju vähendamiseks.

Töö eesmärgiks on välja selgitada majanduskasvu ja energiatarbimise keskkonnamõju vahelised seosed Eesti ja Taani näitel. Töö autor soovib seda teemat uurida, et leida ning analüüsida seoseid ning mustreid nende kahe riigi energiatarbimise osas. Eelnevale lisaks soovib töö autor veel uurida, kas ja kuidas on majanduskasvu puhul kahe riigi energiatarbimine muutunud. Eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised ülesanded:

- Anda ülevaade energiatarbimise ja majanduskasvu seoste teoreetilistest alustest.
- Anda ülevaade energiatõhususe ja majanduskasvu vahelisi seoseid uuriva kirjanduse peamistest tulemustest.
- Anda ülevaade energiatarbimisega kaasnevatest keskkonnamõjudest ja nende seostest majanduskasvuga.
- Välja selgitada, kuidas on muutunud energiatarbimine ja energiatarbimisega kaasnev keskkonnamõju Eestis ning Taanis.
- Võrrelda Eesti ja Taani energiatarbimist.
- Pakkuda välja järeldusi ja soovitusi.

Bakalaureusetöö tegemine antud teemal on ajendatud sellest, et Eesti kontekstis esineb uurimislõtk energiatarbimise ja majanduskasvu vaheliste seoste puhul. Loodetavasti võimaldab antud töö saada aimu sellest, kas Eestis oleks võimalik vähendada energiatarbimist isegi majanduskasvu korral. Olgugi et Taanis saadaval olevad energiaallikad erinevad mõnel määral Eesti omadest, on Taani heaks eeskujuks taastuva energia kasutamises ning energiasäästu aspektist. Energiatarbimine ning selle efektiivsemaks muutmine majanduskasvu taustal on oluline uurimisaspekt kliima soojenemise ja üleüldiselt jätkusuutlikkuse tagamise tõttu.

Töö praktilisteks väljunditeks on võrdlus Eesti ja Taani energiatarbimise ning majanduskasvu vahel. Sellest tulenevalt on töö väljundiks ka järelduste ning ettepanekute tegemine energiatarbimise osas. Antud töö jaguneb kaheks peatükiks. Esimeses peatükis tuuakse välja majanduskasvu ja energiatarbimise vahelise seoste teoreetiline alus. Sealhulgas tuuakse välja energiatarbimise ja majanduskasvu seoste peamised tulemused.

Empiirilises osas võrreldakse kahe riigi andmeid majanduskasvu ja energiatarbimise aspektist.

Töö autor kasutab empiirilises osas teiseid andmeid, mis on võetud World Development Indicators (2018) andmebaasist. Teiseste andmete kasutamisest tulenevalt oli andmete kättesaadavus oluliseks eelduseks bakalaureusetöö läbiviimisel. Eesti puhul oli võimalik saada andmeid 1995.-2014. aasta lõikes ning Taani puhul 1971.-2014. aasta lõikes. Majanduskasvu vaadeldakse töös näitajaga sisemajanduse koguprodukt (SKP) inimese kohta ja SKP kasvumäär, energiatarbimist näitajaga kg naftat inimese kohta ning energiatootmisega seotud keskkonnakahju näitajaga süsihappegaasi (CO₂) emissioon (tonni inimese kohta). Töö autor soovis analüüsida ka energiatarbimisega seotud ja keskkonnale liigeses koguses kahjulike ühendite vääveldioksiidi (SO₂) ja lämmastikoksiidide (NO_x) emissiooni, kuid andmete puudumise tõttu ei olnud see võimalik. Energiatõhususe hindamiseks on indikaatorina kasutatud energiamahukust, mille arvutas töö autor saadud andmete põhjal välja. Empiirilises osas on kasutatud nii korrelatsioon- kui ka regressioonanalüüsi. Lühikeste andmeridade tõttu tuleb tulemustesse ja tõlgendustesse suhtuda ettevaatusega.

Märksõnad: energiatarbimine, majanduskasv, energiatõhusus, energiamahukus, Kuznets'i keskkonnakõver, CO₂ emissioon, lahtisidumine (*decoupling*).

1. MAJANDUSKASVU, ENERGIATARBIMISE JA KESKKONNAMÕJU VAHELISED SEOSED

1.1. Majanduse ja energiatarbimise vahelise seose teoreetilised alused

Energiakasutuse ja majanduskasvu vahelise põhjusliku seose teemat on uuritud juba 30 aastat ning on avaldatud hulgaliselt teadusartikleid, kuid sellest hoolimata ei ole teadlased konsensusele jõudnud selles osas, kas ja kuidas on energiatarbimine ja majanduskasv omavahel täpselt seotud (Coers ja Sanders 2013: 709). Vastuolulised tulemused võivad olla tingitud muuhulgas näiteks erinevate andmete, metodoloogiate kasutamisest ja riikide erinevustest (näiteks poliitiline ja majanduslik taust, energiavarude kompositsioon, energiapoliitika, kultuur jne) (Ozturk 2010: 340). Riiklikul tasandil kõige optimaalsemate energiapoliitikate kujundamise tarbeks on oluline uurida regioonispetsiifiliselt majanduskasvu ja energiatarbimise vahelisi seoseid.

Energiatarbimise ja majanduskasvu vahelisi põhjuslikke seoseid uurivaid töid saab tulemuste põhjal jagada nelja gruppi (Ozturk 2010: 341):

1. Põhjusliku seose puudumine energiatarbimise ja SKP vahel. Seda kutsutakse neutraalsuse hüpoteesiks (*neutrality hypothesis*), mis vihjab sellele, et muutused energiatarbimise kogustes ei mõjuta majanduskasvu.
2. Ühesuunaline põhjuslik seos: majanduskasv põhjustab energiatarbimise suurenemist. Seda kutsutakse konservatsiooni hüpoteesiks (*conservation hypothesis*). Hüpoteesi kehtides võib energiasäästupoliitikal puududa või olla minimaalne negatiivne mõju majanduskasvule. Kui SKP kasv põhjustab energiatarbimise suurenemist, siis antud hüpotees kehtib.
3. Ühesuunaline põhjuslik seos, mille korral energiatarbimise kasv võib väljenduda majanduskasvus. Seda seost nimetatakse kasvu hüpoteesiks

(*growth hypothesis*), mille puhul võib energiasäästupoliitikal olla negatiivne mõju majanduskasvule – energiavarude šokid mõjutavad negatiivselt majanduskasvu.

4. Kahesuunalist põhjuslikku seost majanduskasvu ja energiatarbimise vahel kutsutakse otsetõlkes tagasiside hüpoteesiks (*feedback hypothesis*). Hüpoteesi kehtimine viitab sellele, et majanduskasv ja energiatarbimine on samaaegselt mõjutatud.

Majanduskasvu ja energiatarbimise vahelise põhjusliku seose kohta on keeruline järeldusi teha ning kuna paljud tööd ei räägi põhjuslikust seosest, siis käesoleva töö raames seda ei uurita.

Majanduse ja ühiskonna areng on tihedalt seotud majanduskasvuga – pidev ja optimaalne rahvatulu kasv mõjutab ühiskonna eesmärkide täitmise võimekust (Väduva 2008: 280). Majanduskasvu saab defineerida mitmeti, kuid antud töö raames vaadeldakse majanduskasvu kui tootmismahu suurenemisena, mida mõõdetakse SKP ja selle kasvuga (Ekins 2000: 40). SKP on riigi majandustegevuse kogutoodang või lisandväärtus ning selle puhul ei arvestata seda, mida on tootnud riigi kodanikud välismaal (Markandya *et al.* 2002: 106).

Majanduse arengut on keerulisem defineerida ning mõõta kui majanduskasvu. Majandusarengut vaadeldakse mitmest erinevast aspektist: majanduse struktuurne muutus, vaesuse vähenemine, toitumise, tervise, hariduse ja elatustaseme paranemine jne. Lühidalt, majandusareng hõlmab endas elanike elustandardi paranemist. Majanduskasv on majandusarengu puhul vajalik, kuid mitte piisav tingimus. (Hess ja Ross 1997: 8, 19)

Üldises plaanis mõjutab SKP kasv energiatarbimist kaheti: majapidamised saavad kulutada rohkem raha energiat tarbivatele toodetele (erinevad tehnoloogilised seadmed, transport jne) ning kasvava nõudluse tõttu laieneb tootmismah, mille keskmes on energia (Mahadevan ja Asafu-Adjaye 2007: 2486). Uuringud on näidanud, et suur majanduskasv nõuab suuremat energiatarbimist (Omri ja Kahouli 2014: 914), mis tingib ka suurema fossiilsete kütuste tarbimise, soodustades kaudselt tehnoloogilist arengut taastuvenergia tööstuses (Wong *et al.* 2013: 1589). Brasiilia näitel läbiviidud uuring näitab, et majanduskasv annab soodsamad võimalused energia infrastruktuuri parandamiseks ning

seeläbi võimaldab vähendada energiatarbimist (Fu ja Pao 2013: 801). Olgugi et majanduskasv soodustab paremate tehnoloogiate rakendamise kaudu energiatarbimise vähendamist, tuleb samuti pöörata tähelepanu suurenevale fossiilsete kütuste tarbimisele.

Globaalsel tasandil läbiviidud uurimuses on leitud, et energiatarbimisel on oluline mõju majanduskasvule: kui energiatarbimine kasvab 1%, kasvab majandus 0,149%. Lisaks leiti, et suur majanduskasv põhjustab ka suurema energianõudluse ja vastupidi. Samas, suurenenud energiatarbimine põhjustab keskkonna kahjustust, millel on negatiivne mõju majanduse kasvule. Pikaajaline keskkonna kahjustumine mõjutab negatiivselt ka näiteks inimese tervist, mis võib omakorda vähendada pikemas perspektiivis produktiivsust. (Saidi ja Hammami 2016: 373-380) Ehkki globaalses plaanis on energiatarbimise kasvul positiivne mõju majanduskasvule, peab arvesse võtma riikide erinevusi ning energiatarbimisega kaasnevat keskkonnamõju, millel võib olla lõppkokkuvõttes kahjulik mõju majandusele.

On leitud, et majanduse kasvumäär ja energiatarbimine on negatiivse korrelatsiooniga kõrge sissetulekuga riikides, kuid keskmise sissetulekuga riikides on nende kahe vahel positiivne korrelatsioon. Ei leitud, et muutused energiatarbimises mõjutaksid madala sissetulekuga riikide majanduskasvu. Need tulemused viitavad sellele, et energiatarbimise ja majanduskasvu vaheline seos on tingitud riigi elamisstandarditest – kõrgema sissetulekuga riigid sõltuvad vähem energiatarbimisest kui keskmise ja madala sissetulekuga riigid. (Lechthaler 2017: 29-30) Madala ja keskmise sissetulekuga riikidel on suurem vajadus kasutada energiat majanduse edasi arendamiseks ning nendel on samuti suurem tõenäosus saavutada kõrgemat majanduskasvu kui kõrgelt arenenud riigil. See ühtib ka eelnimetatud autorite (Omri ja Kahouli 2014; Saidi ja Hammami 2016) seisukohaga, et suur majanduskasv põhjustab suurt energianõudlust.

Kümne kõige suurema energiatarbimisega riikide põhjal tehtud töö viitab sellele, et energiatarbimine soodustab globaalselt SKP kasvu, kuid riigiti võib see erineda. Näiteks USA-s, Jaapanis, Kanadas ja Saksamaal kaasnes majanduskasvuga 2000-2015 ajaperioodil väike energiatarbimise (inimese kohta) langus. Prantsusmaal oli 2009-2015 aastatel samuti energiatarbimisel (inimese kohta) langev trend. (Shahbaz *et al.* 2018: 286-287) Antud juhul on tegemist OECD riikidega, mis viitab sellele, et majanduse struktuursed muutused ja efektiivsuse kasv on väljendunud energiatarbimise kõrgeima

taseme saavutamises (World Energy Outlook 2016, viidatud Shahbaz *et al.* 2018: 286 vahendusel).

Samuti leiti, et Hiinas, Venemaal, Indias, Brasiilias ja Koreas (ei kuulu OECD liikmesriikide hulka) on SKP kasvu ja energiatarbimise vahel tugev seos. Sealjuures Indias ja Hiinas, kus 2015. aastal oli kõige suurem majanduskasv, oli ka kõige suurem energiatarbimise kasvumäär. Töö tulemused näitavad, et pea kõikides kümne kõige suurema energiatarbimisega riigis on energiatarbimine ja majanduskasv tugeva korrelatsiooniga. Sellegipoolest nendivad nad, et majanduskasvu ja energiatarbimise vahelised seosed on riikide iseärasuste tõttu erinevad – on olemas märkimisväärne heterogeensus nende seoste vahel. (Shahbaz *et al.* 2018: 286-287, 290, 299)

Energiatarbimise ja majanduskasvu seoste heterogeensust riikide võrdluses võib põhjustada muuhulgas riigi majanduse harustruktuur. Riigis domineerivad sektorid mõjutavad riigis lõplikku energiatarbimist. Näiteks on Kaygusuz (2012: 1117) välja toonud, et energiatarbimise kasvu on oodata arengujärgus riikides (*emerging countries*) energia-, tööstus-, transpordi- ja ehitussektoris ning OECD riikides energia- kui ka transpordisektoris. Mõned autorid on seetõttu energiatarbimise täpsemal analüüsimisel kasutanud dekomponeerimist (*decomposition*). Näiteks Moreau ja Vuille (2018: 58-59) analüüsisid energiatarbimise muutumist nii majandussektori lõikes, mahult, kui ka intensiivsusest. Samas on võimalik energiatarbimist dekomponeerida ka harusiseselt nagu tegid seda Kepplinger *et al.* (2013: 756) tööstusharu aspektist. Käesoleva töö raames keskendutakse siiski energiatarbimisele üldiselt.

Meeles tuleb pidada ka seda, et majanduslikud tegurid ei ole ainsad, mis mõjutavad energiatarbimist. Mitmed autorid (*Ibid.*: 1117; Saidi ja Hammami 2016: 369) on välja toonud, et energiatarbimist mõjutavad muuhulgas ka demograafilised, sotsiaalsed ja tehnoloogilised muutused. Samuti võib näiteks valitsuse tegevusel (*Ibid.*: 1118) ja teadus- ning arendustegevusel (*Ibid.*: 1120; Coers 2013: 713) olla mõju riigi energiatarbimisele. Seega energiatarbimise muutust on võimalik muuhulgas analüüsida ka eelnimetatud aspektide seisukohast.

Majanduse arenguga kaasneb struktuurne muutus, mille korral hakkavad domineerima väiksema energianõudlusega sektorid. See tõstatab majanduslikust perspektiivist

küsimuse, kas ka vähem arenenud riigid peaksid esikohale seadma energia- ja keskkonnasäästu poliitikaid. Kuna arengujärgus riikides mõjutab energiatarbimine pikemas perspektiivis majanduskasvu, siis nendes riikides peaks edaspidise majanduse arengu tarbeks analüüsima antud seose tugevust, et kohandada strateegiaid riigi ja selle energiaressursside tasandil (Caraianni *et al.* 2005).

25 OECD riiki 1981-2007 ajaperioodil analüüsisvas uurimistöös leiti, et riiklikud energiapoliitikad ei pruugi olla kuigi efektiivsed, kui rahvusvahelised arengud mõjutavad tugevalt majanduskasvu, energiatarbimise ja energia hinna vahelisi suhteid. Seetõttu peaks energiapoliitika kujundamisel arvesse võtma ka rahvusvahelist mõju energianõudlusele, sest isegi vähem avatud majandustes mõjutavad näiteks globaalsed nafta hinnad energiatarbimist. Rahvusvaheliste majandustingimuste mõju energiatarbimisele on suuresti määratud riigi energiamahukusest (*energy intensity*). Töös nenditakse, et isegi kui energiatarbimine põhjustab majanduskasvu, siis see ei tähenda ilmtingimata, et energiatarbimise vähendamine pidurdab majanduskasvu, eriti kui kasutatakse energiatõhusaid meetodeid. (Belke *et al.* 2011: 787)

Energiatarbimist ja majanduskasvu on uuritud ka sellest aspektist, et millisel määral on täidetud Euroopa Liidu energiapoliitika eesmärgid. Avastati, et olenemata Euroopa riikide energiatarbimise ja majanduskasvu teemaliste uuringute paljususest, ei olnud suure hulga teadustööde puhul uurimise alla võetud Balti riike. Lisaks leiti, et üks riikide grupp, kuhu kuulus muuhulgas ka Eesti, saavutas kollektiivselt kõige paremini Euroopa Liidu 2020 energiasäästupoliitika eesmärgid¹. Nendes riikides vähendati kõige rohkem energiamahukust ning kasvuhoonegaaside emissiooni. Nimetatud grupis olevad riigid ületasid ka Euroopa Liidu energiapoliitika määratud eesmärgid, kuid need riigid olid ühtlasi 1993. aastal kõige ebasoodsamas seisus võrreldes teiste uuringu all olevate riikidega ning head tulemused olid võimalikud tänu majanduse ümberstruktureerimisele ning tööstusharude moderniseerimisele. (Śmiech ja Papież 2014: 120, 124)

Mitmed autorid on välja toonud, et energiasäästupoliitikate rakendamisel võib olla negatiivne mõju majanduskasvule (Lechthaler 2017; Coers ja Sanders 2013; Shahbaz *et*

¹ Euroopa Liidu 2020 energiasäästupoliitika põhieesmärgid: kasvuhoonegaaside vähendamine 20% võrra (võrreldes 1990. aasta tasemega); suurendada taastuva energiaallika osakaalu 20%-ni; energiatõhususe parandamine 20% võrra. (Euroopa Komisjon 2018)

al. 2018; Saidi *et al.* 2016), kuid jätkusuutliku arengu perspektiivis on oluline leida energiatarbimise osas sobilikud strateegiad ning kompensatsioonid (Lechthaler 2017: 30). Jätkusuutlikkust võib vaadelda kui majanduslike hüviste tootmiseks vajaliku kapitali sellist kasutamist, mis ei põhjusta kapitali ammendumist ajas (Markandya *et al.* 2002: 72).

Energiasüsteemi jätkusuutlikumaks muutmiseks on võimalik näiteks võtta vastu sellised poliitikad, mis soodustaksid efektiivsust energiatootmises ja -tarbimises ning mis suurendaksid mittefossiilse kütuse osatähtsust energiasektoris (Kaygusuz 2012: 1118). Selle tagamiseks oleks võimalik näiteks liberaliseerida energiaturgu, mis võimaldaks hindadel peegeldada täpsemini turutingimusi, seeläbi soodustaks konkurents ka energiatõhususe parandamist (Mahadevan ja Asafu-Adjaye 2007: 2488).

Coers ja Sanders (2013: 713) märgivad oma töös, et energianõudluse vähenemisest ajendatud väike lühiajaline kahjulik mõju võib olla põhjustatud energiat säästvatele tehnoloogiatele üleminekust tingitud kuludest. Shahbaz *et al.* (2018: 299) tähtsustasid energiasäästupoliitika kujundamisel ka majandustsüklite arvesse võtmist. Andrei *et al.* (2017: 14) rõhutasid energia tootmise ja tarbimise keskkonnasõbralikumaks muutmise vajalikkust Euroopa Liidus, kuid Saidi *et al.* (2017: 53, 55) leidsid oma töös, et Euroopa riikides ei tohiks energiatarbimist vähendada järsult, sest Euroopa riikides on energiasäästupoliitikatel kahjulik mõju majanduskasvule.

Olenemata pikaajalisest majanduskasvu ja energiatarbimise vaheliste seoste uurimisest, puudub teadlaste hulgas üksmeel. Erinevad tulemused antud teema puhul on üldiselt põhjustatud riikide mitmetest iseärasustest tingitud heterogeensusest. Samal ajal tuleks aga arvesse võtta ka globaalset mõju energiasektorile, mis muudab antud teema uurimise veelgi keerulisemaks. Hoolimata majanduskasvu ja energiatarbimise vahelisi seoseid uurivate tööde paljususest, esineb nende seoste uurimise puhul uurimislõtk Balti riikide kontekstis. Majanduskasvu ja energiatarbimise jätkusuutlikkus on tihedalt seotud mõistetega energiatõhusus ja -mahukus, mida käsitletakse järgmises peatükis.

1.2. Majanduskasvu ja energiatõhususe vahelise seose teoreetilised alused

Esmakordselt tuli mõiste majanduskasvu ja energiatarbimise lahti sidumine (*decoupling of economic growth and energy consumption*) kasutusse, kui leiti, et 1973.-1986. aastatel vähenes nii USA-s kui ka teistes OECD riikides energiamahukus vähemalt 20% (Ekins 2000: 45-46). Energiatõhusus on seotud energiamahukusega (*energy intensity*), mida määratletakse kui energiatarbimist ühe majandusliku toodanguühiku (nt ühe ühiku SKP) kohta, kuna muutused energiamahukuses võivad olla põhjustatud nii energiatõhususe paranemise kui ka majanduse struktuursete mõjude tõttu (Rajbhandari ja Zhang 2018: 129).

Energiamahukus on tihedalt seotud energiatõhususega – mida vähem energiat on vaja mingi väljundi tootmiseks, seda suurem on energiatõhusus. Tehnilisest vaatepunktist on energiatõhusust võimalik kõige täpsemini hinnata mingi protsessi või tehase tasemelt. (Vlahinić-Dizdarević ja Šegota 2012: 252) Siiski kasutatakse kirjanduses energiatõhususe hindamiseks ka energiamahukust (Rajbhandari ja Zhang 2018; Lungu *et al.* 2014).

Energiamahukuse vähenemine on võimalik tänu energiatõhususe parandamisele, kuid samas ka tänu kõrgetele energiahindadele, mis ajendavad kasutusse võtma energiasäästu tehnoloogiaid (Zhang 2013: 685). On leitud, et kõrge SKP-ga kaasneb oluline paranemine energiamahukuses (Kepplinger *et al.* 2013: 761). Majanduslikust kui ka keskkonna seisukorra aspektist vaadatuna, on võimalikult väikese energiamahukuse ja kõrgeima energiatõhususe saavutamine oluline.

Energiatarbimisega kaasneva ulatusliku negatiivse keskkonnamõju tõttu on teinud riigid aktiivselt samme, et lahti siduda energiatarbimine majandustegevusest, nii et ühest energiaühikust oleks võimalik rohkem toota. Majanduse arenedes on võimalik näha energiamahukuses kõige suuremaid muutuseid energiantensiivsetes sektorites. (Moreau ja Vuille 2018: 54, 58) Kuna kõrge majanduskasvu saavutamine on valitsuste prioriteediks ning majanduskasvuga võib kaasneda ka keskkonnale kahjulik energiatarbimise kasv, siis peab leidma viise, kuidas vähendada energiatarbimist aeglustamata majanduskasvu.

Aydin ning Esen nendivad oma uurimistöös, et mitmed teised uurimused vaatavad energiatarbimist majandusarengu indikaatorina, kuid nad leiavad, et riigi arengut tuleks mõõta hoopiski selle võimekusest luua suuremat majanduslikku väärtust, kasutades vähem energiat. Nad nõustuvad sellega, et energiatarbimine on majandusliku arengu puhul oluline, kuid see peaks olema tasakaalus. Energiatõhususe parandamine on ökonoomsem, kui investeerimine täiendava energiaressursi saamiseks. Nad arvavad ka, et see, kuidas energiat tarbitakse, on olulisem, kui tarbitud energia kogus kokku. Samuti leiavad nad, et olenemata riigist, tuleks nii energiatarbimist kui ka -tootmist muuta tõhusamaks. (Aydin ja Esen 2018: 186, 191)

Energiatõhusus tehnilisest vaatepunktist on väiksema koguse energia kasutamine, säilitades samal ajal majandustegevuse aktiivsuse taset (Bumelyte ja Galiniene 2013: 23). Energiatõhusust on kirjanduses kirjeldatud kui energiat tarbivate tehnoloogiliste protsesside või süsteemide parandamisena (Trianni *et al.* 2016, viidatud Kluczek 2017: 30 vahendusel). On leitud, et praegu saadaval olevad energiatõhusad tehnoloogiad võivad vähendada energiatarbimist näiteks valgustuse, kütte, jahutamise, transpordi ning muudes tehnikaseadmetes (Anderson ja Newell 2004, viidatud Kluczek 2017: 30 vahendusel). Energiatõhusus on seotud ka domineeriva majandussektoriga – tööstussektor on oma olemuse poolest ressursinõudlikum kui teenuste sektor (Sineviciene *et al.* 2017: 878). Seega energiatõhususe parandamine on majandusarengu puhul väga oluline aspekt.

Energiatõhususe parandamisel on kaks kaudset mõju majandusele: kõrgem energiatõhusus vähendab globaalset energiatarbimist, mis ühtlasi vähendab ka energiahindasid ja pingeid energiaturgudel (Bibas *et al.* 2015: 145). Energiatarbimise vähendamine energiatõhususe parandamise kaudu võib suurendada tootlikkust, mis omakorda võib stimuleerida majanduskasvu (Belke *et al.* 2011: 788). Warr'i ning Ayres'e (2009: 1692) töö tulemused viitavad sellele, et energiatarbimise vähendamisel võib olla tulevikus negatiivne mõju SKP kasvumääradele, välja arvatud juhul, kui energiatarbimise vähenemine on tingitud energiatõhususe parandamisest.

Energiatõhusust on võimalik hinnata mitme erineva näitaja kaudu, kuid kuna käesoleva töö raames kasutatakse energiatõhususe hindamisel indikaatorina energiamahukust, siis kõiki erinevaid energiatõhususe näitajaid ei ole töö autor välja toonud. Küll aga on

võimalik osa energiatõhususe indikaatoreid näha tabelis 1 (vt lk 18), neid on käesolevas töös kajastatud kirjanduses kasutatud majanduskasvu ja energiatõhususe vahelise seose kvantitatiivses analüüsis. Nagu eelnevalt mainitud, siis varasem kirjandus toetab seda, et energiatõhusust on võimalik hinnata energiamahukuse kaudu (Rajbhandari ja Zhang 2018; Lungu *et al.* 2014) ning kõige sagedamini hinnatakse energiamahukust jagades energiatarbimise SKP-ga (Vlahinić-Dizdarević ja Šegota 2012: 252). Käesoleva töö empiirilises osas energiamahukuse kasutamist energiatõhususe indikaatorina on põhjendatud lähemalt 2.2. alapeatükis.

Kvantitatiivsed uurimused viitavad sellele, et on olemas positiivne seos energiatõhususe ja SKP kasvu vahel (Bataille ja Melton 2017: 120). Rajbhandari ja Zhang (2018: 129) leidsid, et majanduslik areng pakub riikidele võimalusi saada energiatõhusamaks ning Sineviciene *et al.* (2017: 877) leidsid, et postkommunistlikes riikides tõstab 1%-line SKP (inimese kohta) kasv energiatõhusust 0,53% võrra. Eelnimetatud tööd näitavad, et majanduse arengul või konkreetsemalt majanduskasvul on positiivne mõju energiatõhususele. On ka töid, mis näitavad, et energiatõhususe parandamisel on positiivne mõju nii SKP-le kui üleüldiselt majandustegevusele, mida tõendavad järgmised uuringud.

Energiatõhususe parandamine tõstis Kanadas ajavahemikus 2002-2012 SKP-d 2% võrra (31 miljardit dollarit), aastas 0,19% võrra (Bataille ja Melton 2017: 124). Ka Bibas *et al.* (2015: 146-147, 150) leidsid, et energiatõhususe parandamine muudab tootmise odavamaks, mis omakorda suurendab nõudlust, tõstes seega SKP-d ja tarbimist üleüldiselt. Energiatõhususe parandamise korral võib märkimisväärsed positiivseid efekte näha juba lühikese ajaperioodi jooksul ning positiivsed mõjud ilmnevad seega ka mujal peale energiaspektori. Energiatõhususega kaasnevaid teisi kasutegurid iseloomustavad järgmised tööd.

Tulemused on näidanud, et energiatõhususe parandamisel on positiivne mõju tööhõivele üldiselt (Bataille ja Melton 2017; Bibas *et al.* 2015), sealjuures Bibas *et al.* (2015: 146) leidsid, et energiatõhususe parandamisel on positiivne mõju palkadele. Energiatõhusus võimaldab vähendada ka kulusid: energiatõhususe parandamine Kanadas vähendas kümne aasta jooksul iga-aastast energiakulu 8,6 miljardi võrra (v.a. mõningates energeetika harudes) (Bataille ja Melton 2017: 124).

Energiatõhususe paranemine põhjustab energianõudluse langust, mis toob kaasa väikese osa investeeringute ümberpaigutumist energiat tootvast sektorist ning mida korvab teisest küljest investeeringute ja majandustegevuse kasv teistes sektorites (Bataille ja Melton 2017: 124). Üks oluline leid Bibas *et al.* (2015: 146-147, 150) töös on ka see, et varasem kliimameetmete rakendamine (sh energiatõhususe parandamine) tõstab lühiajaliselt kulusid, kuid sellel on positiivne pikaajaline mõju ning hilisemal kliimameetmete rakendamisel on kõrged pikaajalised kulud. Sellest tulenevalt on oluline võimalikult varakult rakendada kliimameetmeid.

Energiatõhususe parandamisel ei ole seega mitte ainult otsene mõju energiasektorile ja energiatarbimise vähenemisest lähtuvalt ka keskkonnale, vaid sellel on samuti mitmekülgne positiivne mõju majandusele: tööhõive, palkade ning tootjate tulu tõstmise näol. Energiapoliitika kujundamisel on oluline meeles pidada, et isegi kui lühiajaliselt võivad kulud suured olla, tuleb arvesse võtta pikaajalisi ning suure tähtsusega kasusid.

On leitud, et energiatarbimise taseme vaatluse põhjal ei ole võimalik ennustada majanduskasvu (ei kehti arengujärgus ja madalama sissetulekuga riikide puhul), seega energiasäästupoliitikad ei hakka tõenäoliselt majanduskasvu tulevikus mõjutama. Seda argumenti toetab tõsiasi, et paljud riigid üle maailma rakendavad järjest keskkonnasäästlikumaid energiatõhususe standardeid, mis hakkavad tõenäoliselt vähendama majapidamiste, tootva tööstuse ja transpordisektori energianõudlust. Energianõudluse vähenemine tööstusriikides teeb majanduskasvu ja energiatarbimise vahelise seose nõrgemaks. (Narayan 2016: 520)

Balti riikidel on võimalus Euroopa Liidus saada energiatõhususe parandamises palju edukamateks. Energiatõhususe parandamise püüdlused ei tohi siiski mõjuda majandustulemustele halvasti. Teiselt poolt, kuna energiavarud on globaalselt kahanemas, siis energiatõhususe parandamine on majandusarengu protsessis vältimatu. Tulemused näitavad, et Läänemere-äärne regioon kasutab energiat ebeefektiivsemalt kui ülejäänud Euroopa riigid, kus kasutatakse suuremas koguses energiat, et toota madalamat SKP-d. On leitud ka, et Eesti ning Bulgaaria energiatarbimine on Euroopa Liidus kõige ebatõhusam. (Chang ja Shieh 2017: 236-243) Viimane on väga oluline tulemus käesoleva töö uurimisteema kontekstis – töö autor uurib empiirilises osas, kas ka käesoleva töö empiirilised tulemused ühtivad Chang ja Shieh'i (2017) tulemustega Eesti kontekstis.

Energiatõhususe parandamist on tähtsustatud samuti keskkonnakaitsepoliitika ja majanduskasvu saavutamise aspektist ning energiatõhususe mõõtmine võib aidata vähendada energiatarbimist ja vähendada keskkonnareostust (Wang C.-N. *et al.* 2017: 2). CO₂ emissioonidel on seos energiatõhususega: postkommunistlikes riikides on energiatarbimisest põhjustatud CO₂ emissioonide kasvul negatiivne mõju energiatõhususe hinnangule, sest CO₂ emissioonide kasv on tihedalt seotud fossiilsete kütuste põletamise kasvuga, mis ühtlasi näitab, et energiat kasutatakse ebaefektiivselt (Sineviciene, *et al.* 2017: 878). Kuna Eestis kasutatakse valdavalt põlevkivi, siis Sineviciene, *et al.* (2017) töö viitab sellele, et Eestis võib olla suur CO₂ emissioon ning mida analüüsitakse lähemalt 2.3. alapeatükis.

Energiaturvalisuse (*energy security*) ja fossiilsete kütuste tarbimisega kaasnevate kahjulike keskkonnamõjude kontekstis on energiatõhususe parandamine jätkusuutliku majandusarengu üks võimalikest viisidest. Valitsuste tegevus peaks seetõttu keskenduma majanduslikult kõige tõenäolisemate viiside ja tehnoloogiliselt võimalike vahendite identifitseerimisele ning nende toetamisele. Selle mõte seisneb pideva energiatõhususe parandamises, säilitades samal ajal ka toodangu kasvu. (Warr ja Ayres 2009: 1692-1693)

Energiatõhususe parandamiseks tuleks tegeleda sealjuures tõrgete eemaldamisega institutsionaalsel tasandil järgmistes valdkondades: infrastruktuuri korraldus ja selle rahastamisvõimalused; tehnoloogiate uurimis- ja arendustegevuse ning nende rakendamise toetamine; optimaalsete tehnoloogiate ja süsteemide tootmise ja tarbimise soodustamine; institutsionaalsete tõrgete eemaldamine, mis ei paku piisavalt stiimuleid ja võimekust energiatõhusate tehnoloogiate kommertslikule kasutusele võtmiseks (Foxton, *et al.* 2005 2134-2135).

Olgugi et tehnoloogiate teadus- ja arendustegevus ning nende kasutuselevõttuga seotud institutsionaalsete tõrgete analüüsimine läheb antud bakalaureusetöö uurimisulatusest välja, on autori arvates oluline välja tuua valdkonnad, kus võivad olla energiatõhususe edendamist raskendavad tegurid. Lisaks, nagu eelnevalt mainitud, on energiatarbimine Eestis üks kõige ebaefektiivsemaid Euroopa Liidus, seetõttu Foxton *et al.* (2005: 2134-2135) välja toodud institutsionaalsed probleemid võivad olla relevantssed ka Eesti kontekstis – võib esineda uurimislõtk selles, kas Eestis esinevad institutsionaalsed tõrked energiatõhusamate tehnoloogiate kasutuselevõtmisel.

Tabel 1 võtab kokku eelmise ning käesoleva alapeatüki tööde tulemused. Energiatarbimise ja majanduskasvu vaheliste seoste uurimisel on ühikuna valdavalt kasutatud seda, mitu kg naftat on inimese kohta tarbitud ning majanduskasvu on vaadeldud nii SKP taseme muutuse kui ka SKP kasvumäära aspektist.

Tabel 1. Varasemates töödes leitud seosed energiatarbimise ja majanduskasvu puhul

Autor (aasta)	Kasutatud näitajad energiatarbimise või -tõhususe kohta (ühik)	Leitud seos majandusega
Bataille, Melton (2017)	Energiatõhusus (tarbitud energiakogus sisendi ja väljundi vahel – CGE mudel)	Energiatõhususe paranemine tõstab SKP taset
Belke <i>et al.</i> (2011)	Energiatarbimine (kg naftat inimese kohta)	Energiatarbimise kasv põhjustab SKP kasvumäära suurenemist ja vastupidi
Bibas <i>et al.</i> (2015)	Energiatõhusus (energiatõhususe parandamise koefitsient EEL)	Energiatõhususe paranemine tõstab nõudlust
Chang, Shieh (2017)	Energiatõhusus (TFEE – energiatõhususe kogutegur)	SKP taseme kasv soodustab energiatõhususe parandamist
Lechthaler (2017)	Energiatarbimine (energiatarbimine inimese kohta, logaritmiline)	Negatiivne seos energiatarbimise ja SKP kasvumäära vahel kõrge sissetulekuga riikides. Positiivne seos keskmise sissetulekuga riikides
Rajbhandari, Zhang (2018)	Energiamahukus (tarbitud energiakogus jagatud SKP-ga)	Positiivne seos majanduse SKP taseme kasvu ja energiatõhususe vahel (energiatõhusus vähendab energiamahukust)
Saidi, Hamman (2016)	Energiatarbimine (kg naftat inimese kohta)	Globaalselt eksisteerib positiivne seos energiatarbimise ja SKP (inimese kohta) kasvu vahel
Shahbaz <i>et al.</i> (2018)	Energiatarbimine (kg naftat inimese kohta)	Negatiivne seos energiatarbimise ja SKP kasvumäära vahel USA-s, Jaapanis, Kanadas, Saksamaal, Prantsusmaal. Positiivne seos Hiinas, Venemaal, Indias, Brasiilias ja Koreas
Sineviciene <i>et al.</i> (2017)	Energiatõhusus (SKP 1kg nafta kohta)	Positiivne seos SKP (inimese kohta) kasvu ja energiatõhususe vahel

Allikas: autori koostatud tabelis esitatud allikate põhjal.

Energiatarbimise ja majanduskasvu vahelisi seoseid uurivad teadustööd on andnud erinevaid tulemusi, mistõttu üldistada saab vaid seda, et energiatarbimise ja majanduskasvu vahelised seosed on regiooniti erinevad. Energiatõhususe uurimiseks on olemas aga mitmeid näitajaid, kuid erinevate autorite tööde tulemused on sarnased. Need viitavad sellele, et energiatõhususe parandamine ja majanduskasv on positiivselt seotud.

Energiatõhususe parandamisega kaasnevad mitmekülgsed positiivsed mõjud nii SKP-le, tööhõivele kui ka keskkonnale. Energiatõhususe parandamine toetab seega riiklikku arengut mitmekülgselt, mille suurimaks negatiivseks kaasnevaks efektiks võib olla lühiajaline kulude suurenemine. Kuna fossiilseid kütuseid on piiratud koguses, siis pikaajaliselt panustab energiatõhusus ka majandustegevuse jätkusuutlikkusse. Lisaks, eelmainitu põhjal peaks Eestis olema võimalik kui ka vajalik tegeleda energiatõhususe parandamisega, et vähendada energiatarbimist ühe ühiku SKP tootmiseks.

1.3. Energiatarbimisega kaasnevad keskkonnamõjud ja seosed majanduskasvuga

Energianõudluse kasv ei oleks probleemiks, kui energiavarud ei oleks piiratud ning energiatarbimisega ei kaasneks negatiivset keskkonnamõju. Viimast käsitletakse seetõttu käesolevas alapeatükis, keskendudes vaid õhuemissioonidele. Käesoleva töö raames vaadeldakse kasvuhoonegaase kui inimtegevuse tagajärjel emiteeritavad gaase, mis põhjustavad atmosfääris soojuse kinni püüdmist ja seeläbi globaalse keskmise temperatuuri kasvu (Markandya *et al.* 2002: 37).

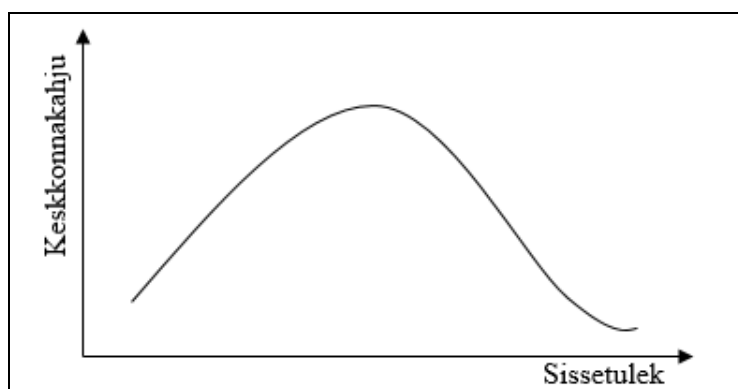
Energiatarbimise ja -tootmisega kaasneb märkimisväärne kasvuhoonegaaside kui ka muude liigses koguses keskkonnale kahjulike ühendite emissioon. Eesti energiamajanduse arengukava sätestab järgmiste energia tootmise ja tarbimisega kaasnevate ühendite emissiooni vähendamist: kasvuhoonegaasid (tCO_2)², lämmastikoksiidid (NO_x), vääveldioksiid (SO_2) ja lenduvad orgaanilised ühendid (Energiamajanduse arengukava ... 2017: 83). Eelnimetatud ühendid on ühtlasi peamised energiatarbimisega emiteeritavad ühendid (Caetano 2017: 8).

On leitud, et kahju keskkonnale suureneb majanduse arengu algfaasis ja hakkab vähenema alates mingist majandusarengu faasist – seda saab kujutada kui tagurpidi U-kujulist kõverat (vt joonis 1, lk 20) ning sellist kontseptsiooni on hakatud kutsuma Kuznets'i keskkonnakõveraks (edaspidi EKC kõver – *environmental Kuznets curve*) (Dinda 2004: 434). EKC kõvera teooria puhul vaadeldakse keskkonnamõju intensiivsuse langust pärast mingi sissetuleku taseme saavutamist, viidates sellele, et majanduskasv

² tCO_2 – kogu CO_2 emissioon

soodustab keskkonnakaitset, vastupidiselt arvamusele, et majanduskasv põhjustab keskkonna seisukorra halvenemist. (Markandya *et al.* 2002: 122)

Esmapilgul võib EKC kõvera hüpoteesi kehtimine olla loogiline ja iseenesestmõistetav, sest riik oma arengu algusetapis on energiatootmises ja -tarbimises ebaefektiivne ning seega ka keskkonda tugevalt kahjustav. Seejärel, majanduse arenguga, on võimalik panustada üha enam kapitali efektiivsuse parandamisse ja keskkonnakahju leevendamisse. Siiski see, kas EKC kõvera hüpotees kehtib, võib regiooniti või riigiti erineda (Zaman ja Moemen 2017: 1120).



Joonis 1. EKC kõver

Allikas: (Dinda 2004: 434), autori kohandused.

Ekins'i sõnul (2000: 183), need uuringud, mis on leidnud EKC kõvera hüpoteesi kohta kinnitust, viitavad sellele, et majanduskasv ja keskkond ei ole nii-öelda konfliktis, vaid majanduskasv on vajalik keskkonna seisukorra parandamiseks, mis annab ühtlasi argumendi, miks eelistada majanduskasvu eesmärges keskkonnapoliitika omadele. EKC kõvera teemaliste uuringute tulemused, mis on saadud ristandmete analüüsimisel, võivad olla vastuolus reaalse riigispetsiifilise olukorraga ja olla seeläbi äärmiselt eksitavad kohaliku poliitikakujundamise kontekstis (Onafowora & Owoye, 2014: 49-50). EKC kõvera kehtimist on võimalik analüüsida näiteks energiatarbimisega kaasnevate kasvuhoonegaaside emissiooni aspektist.

Zaman ja Moemen (2017: 1124) leidsid, et majandusarengu algusfaasis CO₂ emissioonid kasvavad koos tulu kasvuga (inimese kohta) ning arengu hilisemates faasides, vähenevad CO₂ emissioonid märkimisväärselt. Ka Wang S. *et al.* (2018: 2156) leidsid, et majanduse pideva arenguga hakkavad energiatarbimisest tingitud CO₂ emissioonid vähenema tänu

energiatõhususe paranemise ning tehnoloogia arengule. Onafowora ja Owoye (2014: 54) leidsid, et energiatarbimisel on märkimisväärne positiivne seos CO₂ emissioonidega: näiteks Brasiilias tõstab 1% energiatarbimise kasv (*ceteris paribus*) CO₂ emissioone 1,28% ning Nigeerias 4,17% võrra.

Bölük ja Mert (2014: 444) leidsid 16 Euroopa Liidu riiki (1990-2008) analüüsisvas töös, et EKC kõver ei kehti CO₂ emissioonide puhul. Nad ei leidnud tõendust sellele, et kasvuhoonegaasid kasvaksid koos majanduskasvuga mingi tasemeni ning hakkasid vähenema suurema majanduskasvuga. Vastupidiselt, nad leidsid U-kujulise seose kasvuhoonegaaside ja reaalse SKP vahel, mis näitab, et Euroopa riigid ei ole piisavalt vähendanud CO₂ emissiooni. Lisaks, tähendab see seda, et ei saa oodata majanduskasvu, mille abil vähendada CO₂ emissiooni ja keskkonna reostust – keskkonnakaitseteemadega tuleks tegeleda pidevalt. Nad nentisid ka, et kuna paneeluuringud ei anna EKC kõvera kehtimise kohta üheseid tulemusi, siis tuleks uurida EKC kõvera kehtimist riigiti.

Venemaal EKC kõvera kehtimist uurivas töös leiti muuhulgas, et energiatarbimine on kõige suuremaks kasvuhoonegaaside emissiooni põhjustajaks. Tulemused näitasid ka, et Venemaal kehtib kasvuhoonegaaside emissiooni ja majandusarengu vahel EKC kõver. Prognoosi põhjal peaks Venemaal kasvuhoonegaaside emissioon saavutama haripunkti (EKC kõvera maksimumkoha), kui SKP inimese kohta on 10695,75 USD (2005), eeldusel, et SKP kasvumäär Venemaal jääb konstantseks ning majandustegevus jätkub samamoodi. Töös nenditi siiski, et Venemaa peaks EKC kõvera varasema maksimumkoha saavutamiseks rakendama efektiivsemaid strateegiaid, selmet oodata EKC kõvera pöödrepunkti. (Yang *et al.* 2017: 166, 169, 170) Kasvuhoonegaaside vähendamiseks tarvilike strateegiate rakendamine on oluline maailmamajanduse kontekstis, kus konstantset SKP kasvumäära ja samasuguse majandustegevuse jätkamist on väga keeruline, kui mitte võimatu saavutada. Seda tõendab Venemaa puhul näiteks rahvusvaheliste suhete teravnemine, mis on kaasa toonud sanktsioonid, millel on märkimisväärne mõju riigi majandustegevusele.

Maailma mastaabis on energiaga seotud süsinikoksiidide emissioonide kasv peatunud teist aastat järjest (2014-2015) 32 gigatonni juures, olenemata positiivsest majanduskasvust. See viitab asjaolule, et globaalses plaanis on võimalik hakata nägema majanduskasvu ja süsinikoksiidide emissiooni vahel nõrgenevat seost. Emissioonide

kasvu peatumine on olnud võimalik tänu energiamahukuse vähenemisele majandustegevuses, taastuva energia osakaalu suurenemisele energiasektoris ning aeglasemale majanduskasvule suurimate emissioonidega riikides. Sellegipoolest on oluline saavutada jätkusuutlik majanduskasvu ja süsinikoksiidide emissiooni kasvu lahti sidumine ning jätkusuutlik energia tootmine ja tarbimine. (World Economic ... 2017: 28-29)

Brasiilia, Hiina, India ja Indoneesia kohta tehtud töös näitasid tulemused, et energiatarbimisel ja majanduskasvul on negatiivne mõju keskkonnale, nii pikemas kui lühiajalise perspektiivis. Samas leiti, et kui arengujärgus riigid (*emerging countries*) pööravad rohkem tähelepanu keskkonnakaitsele, püüdes samal ajal saavutada suurema majanduskasvu eesmärgi, siis võib tekkida oht, et arenenud ja arengujärgus riikide majanduslike positsioonide ebavõrdsus võib suurened. Lisaks see, kas tuleks võtta vastu keskkonnapoliitikaid CO₂ vähendamiseks, võib riigiti erineda ning tuleks ettevaatusega suhtuda sellesse, kas prioritseerida majanduskasvu või keskkonnakaitset. (Alam *et al.* 2016: 477)

170 riigi kohta tehtud paneeluuring näitas, et enamus riikides on CO₂ emissioon tingitud valdavalt energia tootmisest ja tarbimisest, mistõttu on oluline, et riigid teeksid koostööd, et luua efektiivsemaid energiapoliitikaid CO₂ vähendamiseks – fossiilsete kütuste tarbimise vähendamine peaks olema riikide ühine kohustus (Wang S. *et al.* 2018: 2157). Nii nagu EKC kõvera paneeluuringute tulemused ei pruugi olla sobilikud konkreetse riigi poliitikakujundamise tarbeks, tuleks ka CO₂ vähendamise strateegiaid kohandada riiklikul tasandil, eriti kui soovitakse majanduskasvu säilitada. Seda toetavad Onafowora ja Owoye (2014: 56) töö tulemused, mis näitavad, et mõnes riigis ei ole võimalik vähendada CO₂ emissioone õnnestamata pikaajalist SKP kasvu.

Ayres *et al.* (2007: 638) märkisid, et kuna tootmine on majanduskasvu puhul oluline tegur, siis CO₂ emissioonide vähendamine, *ceteris paribus*, aeglustaks oluliselt majanduskasvu. Viimase puhul peab meeles pidama, et CO₂ emissioonide vähendamine on võimalik ka tehnoloogilise efektiivsuse parandamisega, mitte ainult tootmise vähendamisega. Nii nagu energiatarbimist on võimalik vähendada energiatõhususe parandamise kaudu, on sellel positiivne mõju ka CO₂ emissioonide vähendamisele (Chang ja Shieh 2017: 236; Wang C.-N. *et al.* 2017: 2).

Energiatarbimisega kaasneb aga ka teiste liiges kogustes keskkonnale kahjulike ühendite emissioon, mida peab keskkonnakaitse seisukohast kindlasti arvesse võtma. Süsihappegaasi kõrval kaasneb energiatarbimisega lämmastikoksiidide (NO_x) kui ka vääveldioksiidi (SO_2) emissioon. Kirjandus on eelnimetatud ühendite ja majanduskasvu vaheliste seoste suhtes piiratud.

Inimtegevus on peamiseks NO_x tekkepõhjuseks, sealhulgas 90% inimtekkelisest NO_x on põhjustatud energiatarbimisest. Tulemused on näidanud, et NO_x tekkel on ruumiline heterogeensus – kõige rohkem tekib NO_x nendes regioonides, kus on kõrge SKP ja populatsioon. (Wang J. *et al.* 2018: 836, 839, 842) Mitme autori (*Ibid.*: 839; Lyu *et al.* 2016: 141) tööd näitavad, et majanduskasvul on Hiinas kõige suurem mõju NO_x tekkele. Samuti leidsid Wang J. *et al.* (2018: 839, 842) ja Lyu *et al.* (2016: 141), et Hiinas on kõige efektiivsemaks NO_x tekke vähendamise teguriks energiamahukuse vähendamine.

SO_2 emissioonide ja sotsiaalmajanduslike seoste vahelisi uuringuid on kirjanduses vähe, kuid seda on oluline uurida, kuna SO_2 emissiooni seostatakse happevihmadega ning fossiilsete kütuste tarbimine põhjustab suurel määral SO_2 emissiooni (Zhao *et al.* 2018: 3, 8, 14). Zhao *et al.* (2018: 14) ning Lyu *et al.* (2016: 141) leidsid, et on olemas positiivne seos SKP ning SO_2 emissiooni kasvu vahel. Lisaks leidsid Zhao *et al.* (2018: 14), et energiatarbimise vähenemine, vähendab ka SO_2 emissiooni. Kuna Zhao *et al.* (2018) töös ei analüüsitud põlevkivi energiaallikana, siis Eesti kontekstis, kus põlevkivi on peamiseks energiaallikaks, ei pruugi näiteks energiatarbimise vähendamine ilmtingimata ka SO_2 emissiooni vähendada.

Tabel 2 (vt lk 24) toob välja energiatarbimisega kaasnevate keskkonnale kahjulike ühendite seose majanduskasvuga. CO_2 emissioonide maht, sarnaselt energiatarbimisele, seotud majanduse arenguga – positiivne seos majanduse arengujärgus ning hilisemas arengufaasis negatiivne. Kuna energiatarbimine ja CO_2 emissioonid on omavahel tihedalt seotud, siis energiatarbimisele sarnaselt, võib mõnes riigis CO_2 emissioonide vähendamine mõjuda majanduskasvu aeglustavalt. Lisaks põhjustab SKP kasv ka SO_2 ja NO_x teket kui ka emissiooni.

Tabel 2. Energiatarbimise või -tootmisega kaasneva keskkonnakahju indikaatorid ning nende seos majanduskasvuga

Autor (aasta)	Energiatarbimise või -tootmisega kaasnev keskkonnakahju indikaator	Leitud seos majanduskasvuga
Alam <i>et al.</i> (2016)	CO ₂ emissioonid	Arengujärgus riikides võib CO ₂ emissioonide vähendamine majanduskasvu aeglustada
Lyu <i>et al.</i> (2016)	SO ₂ ja NO _x emissioon	SKP kasvul on positiivne mõju SO ₂ ja NO _x emissioonidele
Owoye (2014)	CO ₂ emissioonid	CO ₂ emissioonide vähendamine võib mõnes riigis SKP kasvu aeglustada
Zaman, Moemen (2017)	CO ₂ emissioonid	Positiivne seos arengu algusfaasis ning hiljem negatiivne seos
Zhao <i>et al.</i> (2018)	SO ₂ emissioon	SKP kasvul on positiivne mõju SO ₂ emissioonidele
Wang J. <i>et al.</i> (2018)	NO _x teke	SKP kasvul on positiivne mõju NO _x tekkele
Wang S. <i>et al.</i> (2018)	CO ₂ emissioonid	Negatiivne seos majanduse hilisemas arengujärgus

Allikas: autori koostatud tabelis esitatud allikate põhjal.

Kirjanduses võib leida tagurpidi U-kujulise EKC kõvera kehtimise kohta vastuolulisi tulemusi ning üleüldiselt teooria liialt lihtsustava olemuse kohta palju kriitikat. Seetõttu peaks ettevaatusega suhtuma nende põhjal tehtud soovitude rakendamist kohalikus energia- ja keskkonnakaitsepoliitikas. Riigid ning laiemas plaanis geograafilised regioonid võivad erineda suurel määral: alustades erinevate loodusvarade olemasolust, majanduse arenguetapist ning lõpetades seadusandlusest, mis mõjutavad kõik nii otseselt kui kaudselt energiatarbimist ja -tootmist ning sellega kaasnevat kahju keskkonnale erinevalt.

See, kas majanduskasvuga kaasneb ka energiatarbimise kasv, sõltub suuresti riigi majandusarengu faasist, kasutuses olevast tehnoloogiast ning olemasolevatest energiaallikatest. Olgugi et globaalselt võib energiatarbimise kasvul olla positiivne mõju, siis lokaalselt tuleks meele pidada regioonispetsiifilisi majandus- ja keskkonnategureid. Energiatarbimisest põhjustatud keskkonnakahju võib samuti riigiti erineda ning seetõttu on oluline analüüsida iga riigi energiatarbimise ja sellega kaasneva keskkonnamõju vahelisi seoseid eraldi ning rakendada neid tulemusi kohalikus poliitikakujundamises. Taoline teguviis tagab selle, et nii majanduslike kui ka keskkonnakaitse eesmärkide

saavutamiseks loodud strateegiad oleksid efektiivsemad ja paremini kooskõlas konkreetse riigi võimekuse ning arenguetapiga.

2. MAJANDUSKASVU, ENERGIATARBIMISE JA KESKKONNAMÕJU VAHELISED SEOSSED EESTI JA TAANI NÄITEL

2.1. Majanduse ja energiatarbimise vahelised seosed Eestis ja Taanis

Antud peatüki eesmärgiks on analüüsida Eesti ja Taani näitel, kuidas on aastate jooksul energiatarbimine koos majanduskasvuga muutunud. Kirjandusest on selgunud, et majanduse ja energiatarbimise vaheliste seoste uurimistulemused võivad globaalsel ja riiklikul tasandil suuresti erineda, mille tõttu uuritakse ka käesolevas alapeatükis neid seoseid Eesti ja Taani kontekstis eraldi.

Kui riigi näitel selgub, et majanduskasvuga kaasneb ka energiatarbimise tõus, siis keskkonna kvaliteedi ja majanduslike eesmärkide seisukohast vaadatuna, peab leidma viise, kuidas vähendada energiatarbimisega kaasnevat keskkonnakahju, sealjuures õõnestamata majanduskasvu eesmärke. Enamik riikides on fossiilsed kütused veel peamiseks energiaallikaks ning nende piiratud koguse tõttu, on fossiilse päritoluga energiatarbimise vähendamine oluline muuhulgas keskkonnakaitse tõttu. Käesoleva töö uurimisvajaduse tähtsus Eesti kontekstis on selgunud limiteeritud kirjandusest Eesti riigi seisukohast, mida on nentunud ka Śmiech ja Papieź (2014: 120).

Eesmärgiga tõsta või hoida majanduskasvu ning majanduskasvust tuleneva nõudluse suurenemise tõttu saaks eeldada, et ka energiatarbimine suureneb. Sellegipoolest on tulemused näidanud, et ka majanduskasvu tingimustes on võimalik energiatarbimise vähendamine (Fu ja Pao 2013; Belke *et al.* 2011). Lisaks sellele on kirjandusest selgunud, et arenenud riikides on mingitel perioodidel energiatarbimine majanduskasvu tingimustes vähenenud (Lechthaler 2017; Shahbaz *et al.* 2018). Eestit ja Taanit peetakse arenenud

riikideks (World Economic ... 2017: 153) ning seetõttu käesoleva töö raames analüüsitakse, kas ka Eestis ja Taanis on energiatarbimine vähenenud SKP kasvu korral. Majanduskasvu ja energiatarbimise vaheliste seoste uurimiseks kasutatud andmed on saadud World Development Indicators (2018) (edaspidi WDI) andmebaasist. Käesoleva bakalaureusetöö andmete analüüsi tarbeks on kasutatud andmetöötluste tarkvarasid IBM SPSS Statistics ja Microsoft Excel. Antud peatükis kasutatakse analüüsimiseks järgmiseid mõõtühikuid:

- SKP inimese kohta – 2010. aasta USD püsivhindades (edaspidi SKP tase);
- energiatarbimine – kg naftat inimese kohta (edaspidi energiatarbimine);
- SKP inimese kohta kasvumäär % aastas (edaspidi SKP kasvumäär);
- energiamahukus (autori arvutused: energiatarbimise ja SKP taseme jagatis);
- CO₂ emissioon (tonni inimese kohta) (edaspidi CO₂ emissioon).

Andmete analüüsimisel on kasutatud erinevaid, kuid võimalikult pikki aegridu: Eesti puhul 1995-2014 ning Taani puhul 1971-2014. Pikema aegrea kasutamine Taani puhul võimaldab anda parema ülevaate energiatarbimise muutustest. NO_x ja SO₂ emissioone ei olnud võimalik hinnata andmete puudumise tõttu.

Käesolevas peatükis kasutatakse ka regressioonmudeleid. Töö tegemiseks rahuldab usaldusnivoo 0,95, seega $p=\text{Sig}=0,05$ korral on regressioonmudel statistiliselt oluline. Energiatarbimise hindamiseks loodud mudelis on kasutatud järgmisi muutujaid:

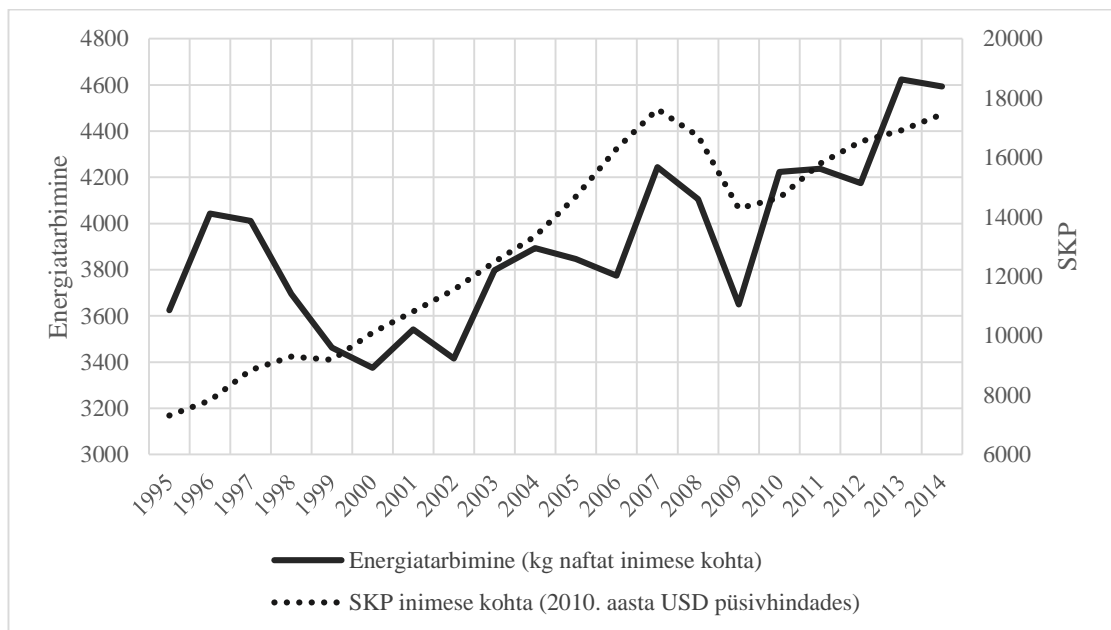
- energiatarbimine;
- SKP tase;
- trendimuutuja.

Majanduskasvu ja energiatarbimise vahelise seose suuna hindamiseks on loodud regressioonmudelid,:

1. kus sõltuvaks muutujaks on energiatarbimine ja sõltumatud muutujad SKP tase ning trendimuutuja.
2. Samuti mudelid, kus sõltuvaks muutujaks on SKP tase ning sõltumatud muutujad energiatarbimine ja trendimuutuja.

Regressioonmudeleid on täpsemalt kirjeldatud töö käigus. Töös katsetati sealhulgas ka viitaegadega kui diferentsidega mudeleid.

Nüüd kirjeldatakse, kuidas energiatarbimine ja SKP tase muutunud. Eestis on energiatarbimine uuritava ajaperioodil (1995-2014) kasvanud (vt joonis 2), mida iseloomustab energiatarbimise lineaarne kasvutrend. Energiatarbimise langus 2007. aastast 2009. aastani on tingitud globaalsest finantskriisist, sest nagu jooniselt 2 selgub, oli samal perioodil ka märkimisväärne SKP taseme langus: globaalsed turušokid mõjutavad Eesti riigi energiatarbimist. See ühtib Belke *et al.* (2011: 787) tööga, kus nenditi, et isegi vähem avatud majandused on mõjutatud globaalsete turgude trendidest. Eestis on ka SKP tase kasvutrendis, seda iseloomustab SKP taseme lineaarne kasvutrend. Pearsoni korrelatsioonikordaja energiatarbimise ja SKP taseme vahel Eestis on 0,65 (statistiliselt oluline 99% juures) (vt lisa 1), mis näitab positiivset keskmise tugevusega ja samasuunalise seose olemasolu eelnimetatud näitajate vahel.

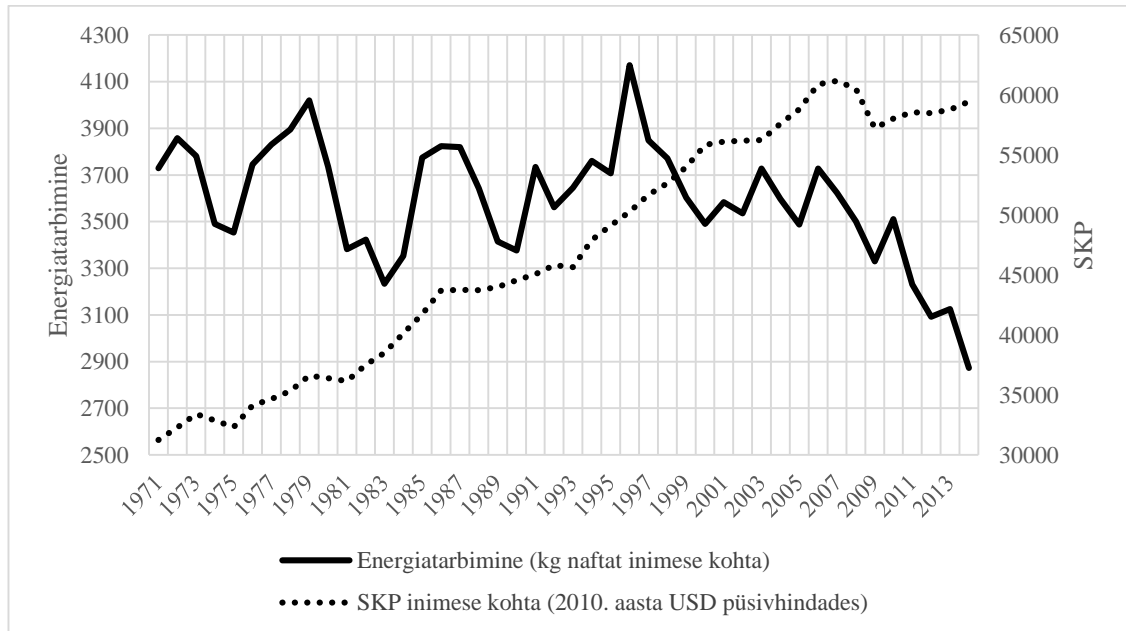


Joonis 2. Energiatarbimise ja SKP taseme muutus Eestis

Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

Ka Taanis võib olla tänu majanduse struktuursete muutuste ning efektiivsuse parandamisele saavutatud energiatarbimise kõrgeim tase (World Energy Outlook 2016, viidatud Shahbaz *et al.* 2018: 286 vahendusel) 1996. aasta lõpus (vt joonis 3, lk 29). Vastupidiselt Eestile, on Taanis energiatarbimine langustrendis ning samal ajal SKP tase on kasvutrendis. Lechthaleri (2017) ja Shahbaz *et al.* (2018) tulemustega sarnaselt, on Taani näol tegemist kõrgelt arenenud OECD riigiga, kus on olnud võimalik

energiatarbimise vähenemine ka majanduskasvu tingimustes. Ka Taanis vähenes finantskriisi ajal nii SKP tase kui ka energiatarbimine, seega globaalsetel turutingimustel on mõju ka Taani energiatarbimisele.



Joonis 3. Energiatarbimise ja SKP taseme muutus Taanis

Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

Suurim erinevus Taani ja Eesti energiatarbimise ja majanduskasvu vahel on see, et Eestis kasvab energiatarbimine koos SKP taseme kasvuga, samal ajal kui Taanis SKP taseme kasvust hoolimata on energiatarbimine vähenenud. Taanis on energiatarbimise ja SKP taseme vaheline korrelatsioonikordaja $-0,34$ (statistiliselt oluline) (vt lisa 2), mis viitab nõrgale negatiivsele ning erisuunalisele seosele energiatarbimise ja SKP taseme vahel. See tulemus ühtib Lechthaleri (2017) tööga, mis näitab, et kõrgema sissetulekuga riikides on energiatarbimise ja majanduskasvu vahel nõrk seos.

Taanis ei ole energiatarbimine uuritava ajaperioodil olnud kunagi nii kõrge kui Eestis. Võrreldes riikide minimaalset ja maksimaalset energiatarbimist selgub, et Eestis on energiatarbimine kasvanud 3374,1 ühikult 4623,28 ühikule, kuid Taanis langenud 4170,25 ühikult 2872,57 ühikule. Arvestades energiatarbimise kasvutrendi Eestis, siis on ka tõenäoline, et energiatarbimine saavutab tulevikus veelgi kõrgema taseme. Seetõttu on väga oluline tegeleda energiatõhususe parandamisega, et iga tarbitud energiaühiku kohta

toodetaks võimalikult palju lisaväärtust. Kuna Eestis on energiatarbimine Euroopa Liidu üks kõige ebaefektiivsemaid (Chang ja Shieh 2017: 245), siis energiatõhususe parandamine võimaldaks Eestis energiatarbimise vähendamises olulisi edusamme teha. Edaspidi oleks vaja uurida, millistes majandusharudes kasvab energiatarbimine kõige enam, et oleks võimalik täpsemini energiatarbimist hinnata.

Olgugi et Taanis ei ole vaadeldaval perioodil olnud nii kõrget energiatarbimist kui Eestis, peab kirjanduse põhjal arvesse võtma ka SKP kasvumäära. 1995-2014 perioodil on Eesti keskmiseks SKP kasvumääraks 4,88% ning Taanis, ajaperioodil 1971-2014, on keskmiseks SKP kasvumääraks 1,55%. Suur energiatarbimise ja SKP kasvumäär Eestis ühtib töödega, mis seovad kõrgema majanduskasvu suure energiatarbimisega: Omri ja Kahouli (2014: 914) töös nenditi, et kõrgema majanduskasvu tõttu on suurem energiatarbimine vajalik ning Shahbaz *et al.* (2018) leidsid, et suure majanduskasvuga riikides kasvas energiatarbimine kõige rohkem.

Energiatarbimisel ja SKP tasemel on Eestis keskmise tugevusega samasuunaline seos, mis näitab, et majanduskasvuga kaasneb ka energiatarbimise kasv. Energiatarbimise kõrge tase Eestis võib olla muuhulgas tingitud suurest majanduskasvust, kuid samas ka madalast energiatõhususest, mida analüüsitakse järgmises alapeatükis. Taanis on tehtud olulisi edusamme majanduskasvu ja energiatarbimise lahti sidumisega (*decoupling of economic growth and energy consumption*) – majanduskasvust hoolimata, on energiatarbimine vähenenud.

Eesti ja Taani energiatarbimise analüüsimiseks tehti ka regressioonimudelid. Mõlema riigi puhul on sõltuv muutuja (energiatarbimine) ning sõltumatu muutuja (SKP tase) lineaarses seoses ning seetõttu on võimalik analüüsi tegemiseks toetuda regressioonimudelile. Saadi mudel, kus energiatarbimine on sõltuvaks ning SKP tase ning trendimuutuja sõltumatud muutujad. Tabelis 3 (vt lk 31) on välja toodud Taani energiatarbimise regressioonimudel (mudel 1). Determinatsioonikordaja (R^2) (vt lisa 4) näitab mudeli kirjeldustaset: mudel kirjeldab ära 48% energiatarbimise hajuvusest Taanis. Mudel on tervikuna statistiliselt oluline. Durbin-Watsoni statistika d (vt lisa 4) on üsna lähedal kahele ning seega viitab autokollinearsuse puudumisele. TOL on antud mudeli suurem kui 0,01 ning VIF

väiksem kui 100 (vt lisa 4), mis viitavad multikollineaarsuse puudumisele. Kuna modelis kasutatav aegrida sisaldab trendi, siis lisati modelisse sõltumatu muutujana trendimuutuja. Konditsiooniindeks (edaspidi CI – *condition index*) trendimuutuja puhul viitab tugevale multikollineaarsusele (>30). Trendimuutuja eemaldamisel oleks mudeli kirjeldustase aga 11,5%. CI kõrge tase võib olla tingitud väikesest valimist (<50).

Tabel 3. Mudel 1 - Taani energiatarbimist iseloomustav regressioonimudel

Sõltuv muutuja või kordaja	Vabaliige	SKP tase	Trend
Energiatarbimine =	1602,8	+ 0,07	- 64,01
(t)	3,428	4,712	-5,368
(se)	467,526	0,015	11,923
(p)	0,001	0,000	0,000

Allikas: autori arvutused, WDI andmete põhjal.

Saadud mudel näitab, et Taanis, ühe ühiku SKP taseme kasv suurendab energiatarbimist 0,073 võrra. Trendimuutuja näitab energiatarbimise langustrendi, kuid SKP taseme kasvul on positiivne mõju energiatarbimisele. Ehk kuna lõppkokkuvõttes energiatarbimine väheneb ka SKP taseme kasvu tingimustes, siis ühtib see mitmete autorite (Lechthaler 2017 ja Shahbaz *et al.* 2018) tööde tulemustega. Selle mudeli tulemused on kooskõlas antud käesoleva töö empiirilise osa tulemustega.

Töö autor tegi ka mudeli, kus sõltuvaks muutujaks on SKP tase ning sõltumatud muutujad energiatarbimine ning trendimuutuja. Saadud mudel (mudel 2, vt tabel 4) on tervikuna statistiliselt oluline ning selle kirjeldustase on väga hea: 97,7% (vt lisa 4).

Tabel 4. Mudel 2 - Taani SKP taset iseloomustav regressioonimudel

Sõltuv muutuja või kordaja	Vabaliige	Energiatarbimine	Trend
SKP tase =	11728,92	+ 4,82	+ 799,57
(t)	3,005	4,712	39,570
(se)	3903,002	1,023	20,206
(p)	0,005	0,000	0,000

Allikas: autori arvutused, WDI andmete põhjal

Durbin-Watsoni väike väärtus mudel 2 puhul viitab aga autokollineaarsusele (vt lisa 4). Trendimuutuja eemaldamisel oli uue mudeli Durbin-Watsoni väärtus veelgi väiksem.

Kõik muutujad on statistiliselt olulised. TOL ja VIF väärtused viitavad multikollineaarsuse puudumisele (vt lisa 4). CI tase (>30) (vt lisa 4) viitab aga multikollineaarsusele.

Mudel 2 näitab, et üheühikuline energiatarbimise kasv suurendab SKP taset 4,82 ühiku võrra ning ka trendimuutuja viitab SKP taseme kasvule. See ühtib Saidi ja Hammami (2016) tööga, mis näitas, et globaalselt on energiatarbimise kasvul positiivne mõju majanduskasvule. Kuna mudel 1 näitas, et SKP taseme kasvuga kaasneb energiatarbimise kasv ning mudel 2 viitab ka vastupidisele suunale, siis Taanis kehtib uuritava perioodil kahesuunaline seos majanduskasvu ja energiatarbimise vahel. Taanis väheneb energiatarbimine siiski suuremal määral kui kasvab SKP tase.

Eesti energiatarbimise analüüsimiseks tehti samuti regressioonanalüüs, kus sõltuvaks muutujaks oli energiatarbimine ning sõltumatuks muutujaks SKP tase (mudel 3, vt tabel 5). Saadud mudel oli statistiliselt tervikuna oluline ning regressioonmudel kirjeldab ära 42,7% energiatarbimise hajuvusest (vt lisa 4). Durbin-Watsoni statistik viitab autokollineaarsuse puudumisele (vt lisa 4). Mudeli TOL, VIF ja CI väärtused viitavad multikollineaarsuse puudumisele (vt lisa 4). Mudelist eemaldati trendimuutuja seetõttu, et trendimuutuja osutus statistiliselt ebaoluliseks ning kuna trendimuutujaga mudelis esines multikollineaarsus.

Tabel 5 . Mudel 3 - Eesti energiatarbimist iseloomustav regressioonmudel

Sõltuv muutuja või kordaja	Vabaliige	SKP tase
Energiatarbimine =	3018,652	+ 0,069
(t)	11,926	3,664
(se)	253,123	0,019
(p)	0,000	0,002

Allikas: autori arvutused, WDI andmete põhjal

Saadud mudeli tulemused näitavad, et kui Eestis kasvab SKP tase ühe ühiku võrra, siis energiatarbimine suureneb 0,069 ühiku võrra. Ka selle mudeli tulemused ühtivad Saidi ja Hammami (2016) tulemustega, mis näitasid, et energiatarbimise kasvuga kaasneb majanduskasv, kuid nagu nad nentisid, kaasneb energiatarbimise kasvuga ka

keskkonnakahju, millel on pikaajaliselt negatiivne mõju majanduse kasvule. Mudel 3 tulemus on kooskõlas korrelatsioonanalüüsiga.

Ka Eesti puhul on loodud mudel, kus sõltuvaks muutujaks on SKP tase ning sõltumatuteks muutujateks SKP tase ning trendimuutuja (Mudel 4, vt tabel 6). Saadud mudel on tervikuna statistiliselt oluline ning kirjeldab 87,4% SKP taseme hajuvusest (vt lisa 4). Ka selle mudeli puhul väike Durbin-Watsoni statistik viitab autokorrelatsioonile (vt lisa 4). TOL ja VIF näitajad multikollineaarsust ei näita. CI on > 30 (vt lisa 4), mis viitab multikollineaarsusele – võib olla tingitud väikesest valimist. Antud mudeli puhul osutusid vabaliige ning energiatarbimine statistiliselt ebaoluliseks.

Selle mudeli tulemused ei viita energiatarbimise ja SKP taseme vahelisele kahe-suunalise seose olemasolule. Küll aga viitab ühesuunalisele, mistõttu oleks vajalik edaspidi uurida, kas Eestis kehtib ühesuunaline põhjuslik seos, sest nagu Ozturk (2010) on välja toonud, võib energiasäästupoliitikatel sellisel juhul puududa või olla minimaalne negatiivne mõju majanduskasvule. See teadmine on väga oluline, eriti kuna Saidi *et al.* (2017) leidsid, et Euroopa riikides üldiselt on energiasäästupoliitikatel pärssiv mõju majanduskasvule. Ehk majanduskasvu ja energiatarbimise vahel ühesuunalise põhjusliku seose eksisteerimine Eesti kontekstis tähendaks seda, et Eestis oleks võimalik nii-öelda jõulisemalt rakendada energiasäästupoliitikaid.

Tabel 6. Mudel 4 - Eesti SKP taset iseloomustav regressioonmudel

Sõltuv muutuja või kordaja	Vabaliige	Energiatarbimine	Trend
SKP tase =	6792,71	+ 0,154	541,89
(t)	1,705	0,106	7,750
(se)	3984,621	1,135	69,921
(p)	0,106	0,894	0,000

Allikas: autori arvutused, WDI andmete põhjal

Käesoleva tööga ei uurita energiatarbimise ja majanduskasvu vahelise seose põhjuslikkust (kas energiatarbimine põhjustab muutusi majanduskasvus või vastupidi), kuid Eesti puhul energiatarbimise ja majanduskasvu vahelise seose uurimine näitas, et energiatarbimine on kasvavas trendis ning ka SKP taseme kasvuga kaasneb energiatarbimise kasv. Seetõttu on väga oluline tegeleda Eestis energiatarbimise

vähendamiseks. Kirjanduse põhjal selgus, et üheks võimaluseks, kuidas energiatarbimist vähendada, on energiatõhususe parandamise kaudu. Töö edasiarendamise kontekstis on oluline uurida energiatarbimise ja majanduskasvu vahelist põhjuslikku seost, et oleks võimalik nii majanduslikust kui ka keskkonna aspektist vaadatuna optimaalsemaid energiasäästupoliitikaid kujundada. Viimasele aitaks kaasa ka see, kui Eesti kontekstis uuritaks, millistes sektorites on energiatarbimise kasv kõige suurem. Taani energiatarbimine on aga kahanevas trendis ka majanduskasvust hoolimata, mis viitab kõrgele energiatõhususele ja näitab teooria põhjal ka majandusarengu kõrget taset.

2.2. Majanduskasvu ja energiatõhususe vahelised seosed

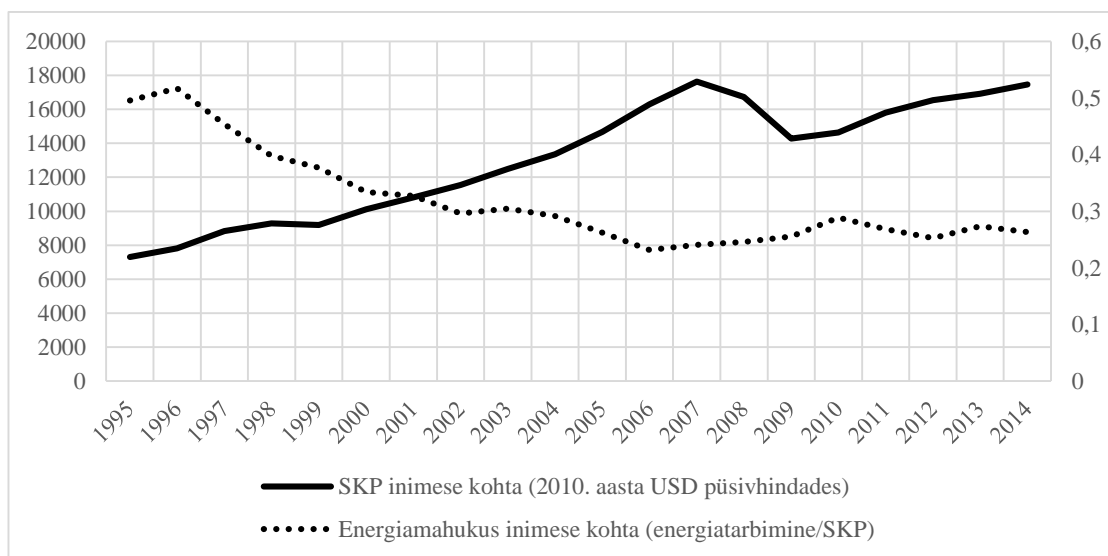
Eestis ja Taanis

Uuringud on näidanud, et energiatõhususe parandamisega kaasneb mitmeid positiivseid efekte energiasektorile, keskkonnale kui ka majandusele üldiselt (Bibas *et al.* 2015; Belke *et al.* 2011; Bataille ja Melton 2017; Wang C.-N. *et al.* 2017; Warr ja Ayres 2009). Kuna energiatõhususe parandamisel on kasutegureid mitmetes väga olulistes valdkondades nii kohalikul kui ka globaalsel tasandil, siis energiatõhusus peaks olema energiapoliitikas kesksel kohal.

Energiatõhusust on kõige täpsemini võimalik analüüsida protsessi või tehase tasemelt (Vlahinić-Dizdarević ja Šegota 2012: 252) ning mitmetes töödes kasutatakse energiatõhususe hindamiseks keerukaid mudeleid. Kuna energiatõhususe täpseks hindamiseks andmed puuduvad, siis käesoleva töö raames kasutatakse energiamahukust kui energiatõhususe indikaatorina nagu mitmes teises töös (Rajbhandari ja Zhang 2018; Lungu *et al.* 2014). Lisaks nagu kirjandusest selgus: kuna energiamahukus ning -tõhusus on omavahel tihedalt seotud (Rajbhandari ja Zhang 2018; Vlahinić-Dizdarević ja Šegota 2012; Zhang 2013), siis energiamahukus on energiatõhususe hindamiseks hea näitaja. Energiamahukuse arvutamiseks jagatakse energiatarbimine SKP-ga (Vlahinić-Dizdarević ja Šegota 2012; Taylor *et al.* 2010; Lungu *et al.* 2014; Sineviciene *et al.* 2017). Energiamahukuse indikaatorina kasutamisel on siiski mõningaid puudusi, sest energiamahukust mõjutavad peale energiatõhususe ka muud tegurid ning seda tuleb arvesse võtta tulemuste hindamisel.

Käesolevas alapeatükis kasutatakse andmete analüüsis mõõtühikuid SKP tase ja energiatarbimine. Energiatarbimise andmeid kasutatakse energiamahukuse välja arvutamiseks (energiatarbimine jagatud SKP tasemega).

Energiamahukust Eestis iseloomustab lineaarne langustrend. Eestis oli maksimaalne energiamahukuse tase 1996. aastal (0,52) ning kõige madalam oli see 2006. aastal (0,23) (vt joonis 4). Võrreldes energiamahukust vaadeldava ajaperioodi alguse (0,5) ja lõpuga (0,26), on energiamahukus langenud Eestis 48%. Eestis on vaadeldaval perioodil SKP tase kasvanud (vt eelnev alapeatükk) ja energiamahukus vähenenud, mis ühtib uuringutega, mis näitavad, et majanduse areng võimaldab riikidel saada energiatõhusamaks (Bataille ja Melton 2017; Rajbhandari ja Zhang 2018; Sineviciene *et al.* 2017), seeläbi vähendades ka energiamahukust. Energiamahukuse ja SKP taseme vahel on Eestis tugev negatiivne, erisuunaline seos – korrelatsioonikordaja kahe näitaja vahel on -0,9 (vt lisa 3).

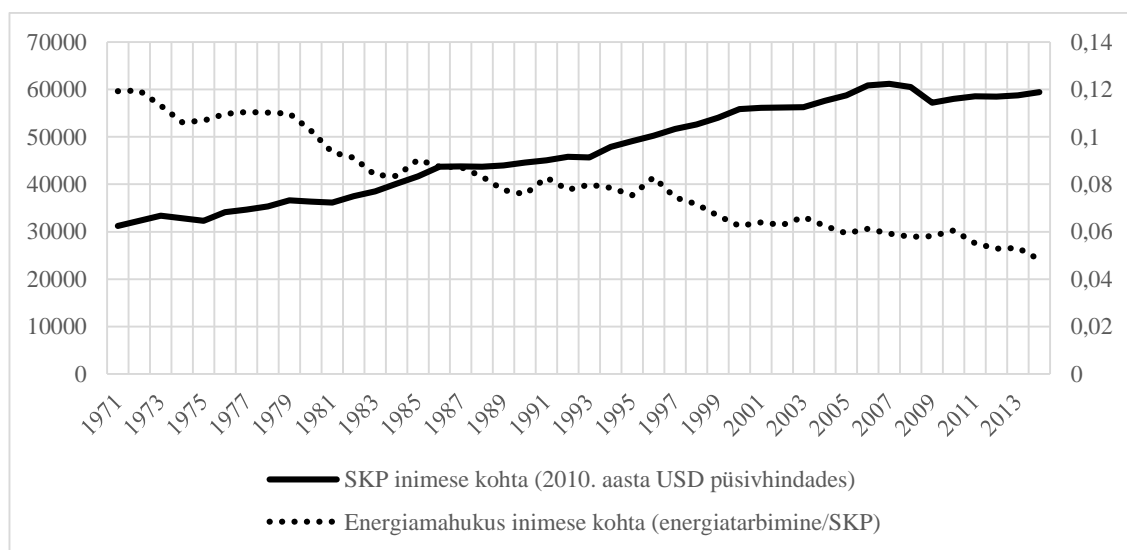


Joonis 4. Energiamahukuse ja SKP taseme muutus Eestis
Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

Nagu eelmisest peatükist selgus, siis energiatarbimine on Eestis kasvav, hoolimata energiamahukuse langusest. Need tulemused viitavad siiski sellele, et energiamahukuse parandamine võib olla tingitud pigem majanduse struktuursetest muutustest, mitte niivõrd energiatõhususe paranemisest. See tõstatab vajaduse uurida Eesti energiatarbimist ka

majandussektorite lõikes. Olgugi et Eestis on SKP tase kasvutrendis ja SKP taseme kasv võimaldab energiatõhusust kaudselt parandada (Sineviciene *et al.* 2017), ei tohiks energiatõhususe parandamise eesmärgi saavutamisel jääda lootma pelgalt majanduskasvule.

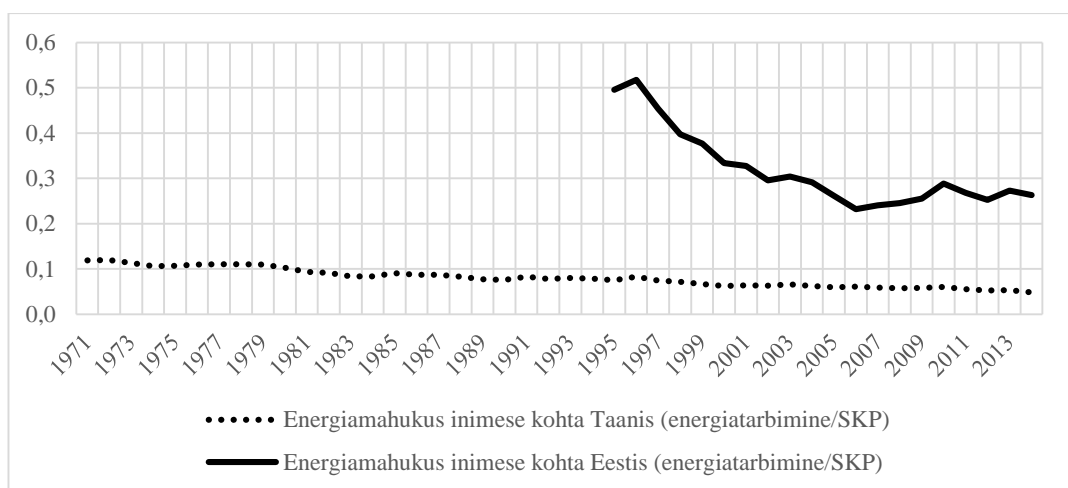
Ka Taanis on energiamahukus langustrendis. Maksimalne energiatarbimine oli Taanis vaadeldava ajaperioodi alguses 0,12 ning minimaalne on vaadeldava ajaperioodi lõpus 0,05 – energiamahukus on 46 aastaga stabiilselt vähenenud 40,44% võrra (vt joonis 5). Taanis on energiamahukuse ja SKP taseme vahel on samuti tugev negatiivne, erisuunaline seos – korrelatsioonikordaja kahe näitaja vahel on -0,96 (vt lisa 3). Kuna energiamahukus on tihedalt seotud energiatõhususega, siis see tulemus viitab sarnasusele Bataille ja Meltoni (2017) tööle, kus leiti energiatõhususe ja SKP kasvu vahel positiivne seos.



Joonis 5. Energiamahukuse ja SKP taseme muutus Taanis
Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

Taani ja Eesti energiamahukuse erinevusi illustreerib joonis 6 (vt lk 37). Nii Eesti kui ka Taani energiamahukus on langustrendis. Käesoleva töö tulemused näitavad, et Eesti on lühema ajaperioodiga saavutanud protsentuaalselt suurema energiamahukuse vähenemise (48% vs 40,44%) ning see ühtib Śmiech ja Papieź'i (2014) tööga, kus leiti, et üks riikide grupp (sh Eesti) vähendasid kõige enam energiamahukust Euroopa Liidus. Siiski tuleb

selle puhul arvesse võtta tõsiasja, et Eesti oli Nõukogude Liidu võimu all, mil domineeris keskkonda tugevalt saastav rasketööstus ning mis jättis Eesti energiaspektori ebasoodsatesse tingimustesse. Energiaspektori ümberstruktureerimine ning efektiivsemaks muutmine on väljendunud seega drastilisemas energiamahukuse vähendamises kui Taanis. Sellegipoolest, arvestades Eestis kõrget energiamahukuse taset ja võimalust teha selles valdkonnas olulisi parandusi (Chang & Shieh, 2017: 236-243), vajab Eesti energiasektor täiendavaid investeeringuid energiamahukuse vähendamiseks. Lisaks on võimalik välja tuua sarnasuse Kepplinger *et al.* (2013) tööga, mis näitab, et energiamahukus paraneb kõrge SKP-ga ning antud töö puhul mõlema riigi energiamahukus on langenud SKP taseme kasvuga.



Joonis 6. Energiamahukus Eestis ja Taanis
Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

Käesolevat tööd on vajalik edasi arendada, uurides energiatõhusust, mitte kasutades energiamahukust indikaatorina, vaid uurides energiatõhusust protsessi ning tootmise tasemelt. See võimaldaks formuleerida konkreetseid eesmärgid energiatarbimise (seeläbi ka energiamahukuse) vähendamiseks. Samuti on oluline uurida Taani näitel, milliseid samme oleks võimalik teha, et saavutada madal energiamahukuse tase.

Energiamahukuse vähendamine on sõltumata riigist vajalik (Aydin & Esen, 2018: 186, 191) nii energiavarude globaalse vähenemise (Chang & Shieh, 2017: 236-243) kui ka energiamahukusega kaasneva keskkonnakahju tõttu. Käesolevas alapeatükis selgus, et Eestis on 20 aastaga vähenenud energiamahukus rohkem kui Taanis 44 aastaga. Sellest

hoolimata on Eestis palju kõrgem energiamahukus kui Taanis. Energiamahukuse vähendamisega kaasnevad positiivsed mõjud on piisavaks põhjuseks, miks peaks energiapoliitikas energiamahukuse vähendamise poole aktiivselt püüdlema.

2.3. Energiatarbimisega kaasnevad keskkonnamõjud Eestis ja Taanis

Energiatarbimisega ja -tootmisega kaasneb liigeses koguses selliste ühendite emissioon, mis mõjuvad keskkonnale väga negatiivselt. Mõju ulatus on niivõrd suur, et globaalselt on võetud eesmärgiks vähendada kasvuhoonegaaside emissiooni ning järjest enam rakendatakse keskkonnasäästupoliitikaid, püüdes aeglustada kliimasoojenemist. 80% kasvuhoonegaasidest on põhjustatud energiatarbimisest (Chang & Shieh, 2017: 236), seega energiatarbimine on valdkond, kus tuleks kõige enam tegeleda efektiivsuse parandamise ning seeläbi ka negatiivse keskkonnamõju vähendamisega. Peatükist 2.1 ja teooriast selgus, et energiatarbimine võib erineda riikide kontekstis ning kuna CO₂ emissioonid on tihedalt energiatarbimisega seotud, siis on ka oluline uurida energiatarbimisega kaasnevat keskkonnamõju riigiti.

Keskkonnamõju analüüsimiseks kasutatakse järgmiseid mõõtühikuid:

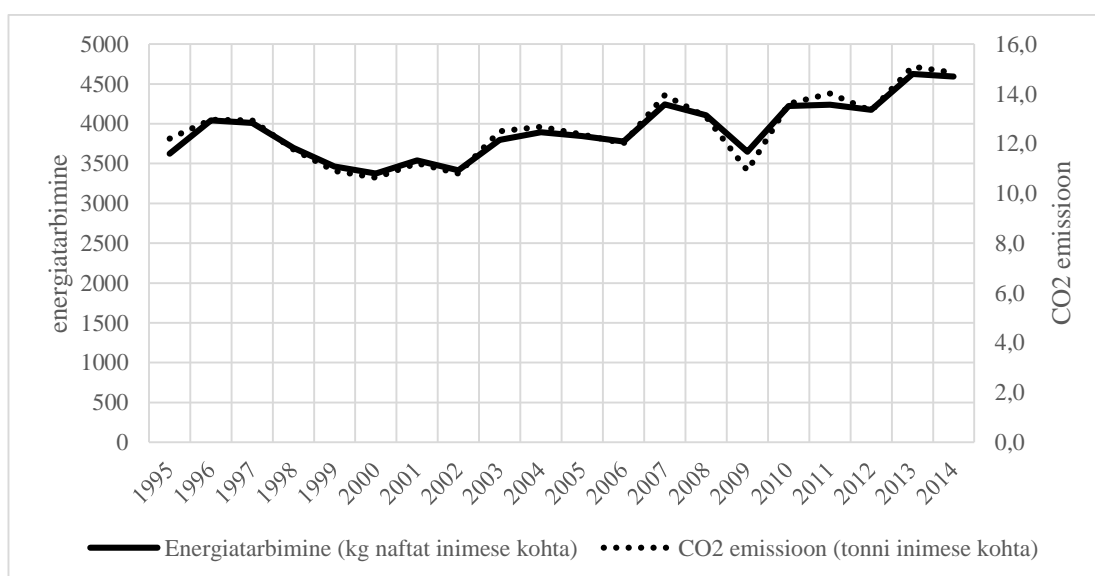
- energiatarbimine;
- SKP tase;
- CO₂ emissioon.

Selle töö raames piiratakse keskkonnamõju hindamisel CO₂ emissioonidega. Andmete puudumise tõttu ei olnud võimalik hinnata NO_x ja SO₂ emissioone.

Selles alapeatükis kasutatakse CO₂ emissiooni hindamiseks regressioonudelites sõltuvat muutujat CO₂ emissiooni ja sõltumatuid muutujaid:

- energiatarbimine;
- SKP tase;
- energiamahukus
- trendimuutuja.

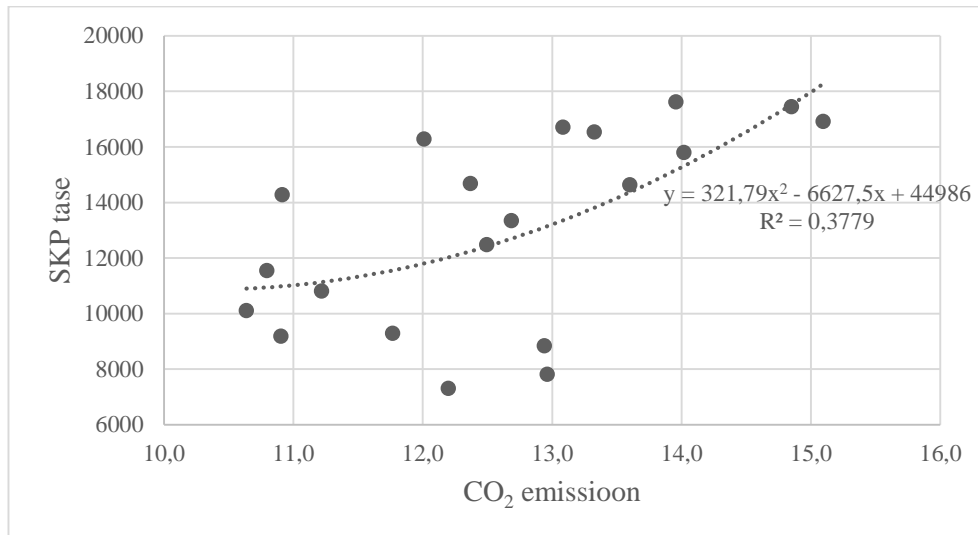
Nagu näha jooniselt 7, on Eestis CO₂ emissioonid tugevalt seotud energiatarbimisega. Näiteks, 2007.-2008. aasta finantskriis mõjutas energiatarbimist negatiivselt ning kuna CO₂ emissioonid seotud energiatarbimisega, siis langes sellel perioodil ka CO₂ emissioonid. Eestis on SKP taseme ja CO₂ emissioonide vahel keskmise tugevusega seos, mida iseloomustab lineaarne korrelatsioonikordaja 0,59 (vt lisa 1). Energiatarbimise ja CO₂ emissioonide vahel on tugev seos, mida tõendab kahe näitaja vaheline Pearsoni korrelatsioonikordaja, mis on 0,98 (vt lisa 1). Tegemist on väga tugeva positiivse samasuunalise seosega. See ühtib mitme autori (Wang S. *et al.* 2018; Chang ja Shieh 2017; Onafowora ja Owoye 2014) töödega, kus nenditi, et CO₂ emissioon on valdavalt tingitud energiatarbimisest. Kui käesolevat tööd edasi arendades selgub, et majanduskasvu ja energiatarbimise vahel on ühesuunaline põhjuslik seos (vt peatükk 2.1, lk 33), siis rangemate energiasäästupoliitikatega on ilmselt võimalik vähendada ka CO₂ emissioone oluliselt, mis on keskkonna seisukohast väga tähtis.



Joonis 7. Energiatarbimine ja CO₂ emissioon Eestis
Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

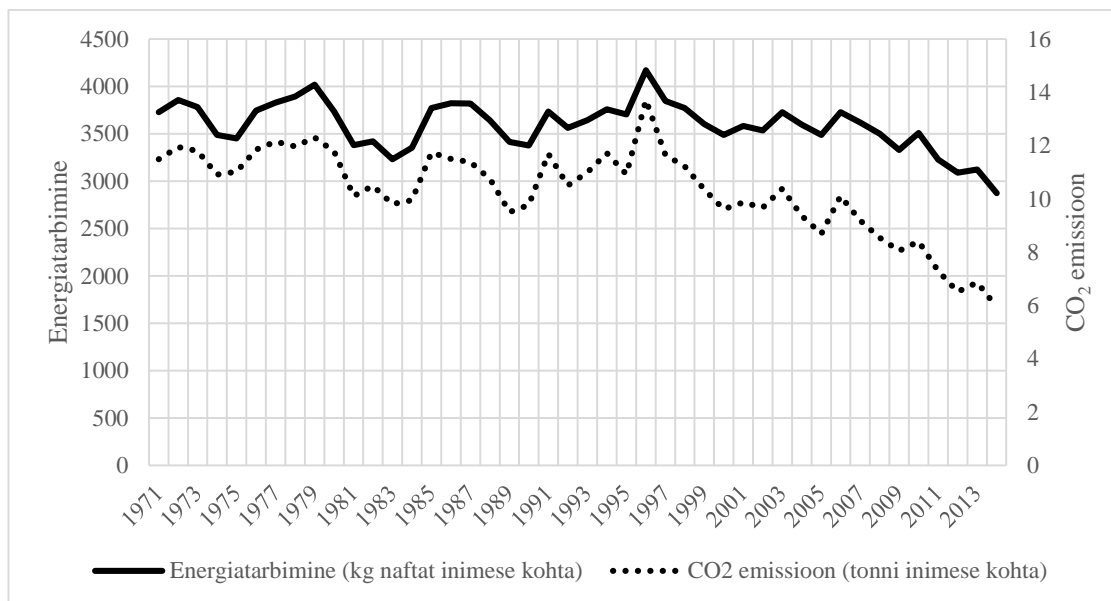
Eestis CO₂ emissioonide EKC kõvera hindamiseks tehti hajusdiagramm (vt joonis 8, vt lk 40). Kuna CO₂ emissioonid on kasvutrendis ja langust ei ole joonisel näha, siis see võib viidata sellele, et Eesti asub EKC kõvera algusosas ning maksimaalset CO₂ emissioonide taset ei ole veel saavutatud. Teooria põhjal (Zaman ja Moemen 2017; Wang

S. *et al.* 2018) saab väita, et Eestis on oodata CO₂ emissioonide langust majandusarengu hilisemates faasides, eriti kui majanduse edasi arenedes vähendatakse energiatarbimist.



Joonis 8. SKP tase ja CO₂ emissioon Eestis
Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

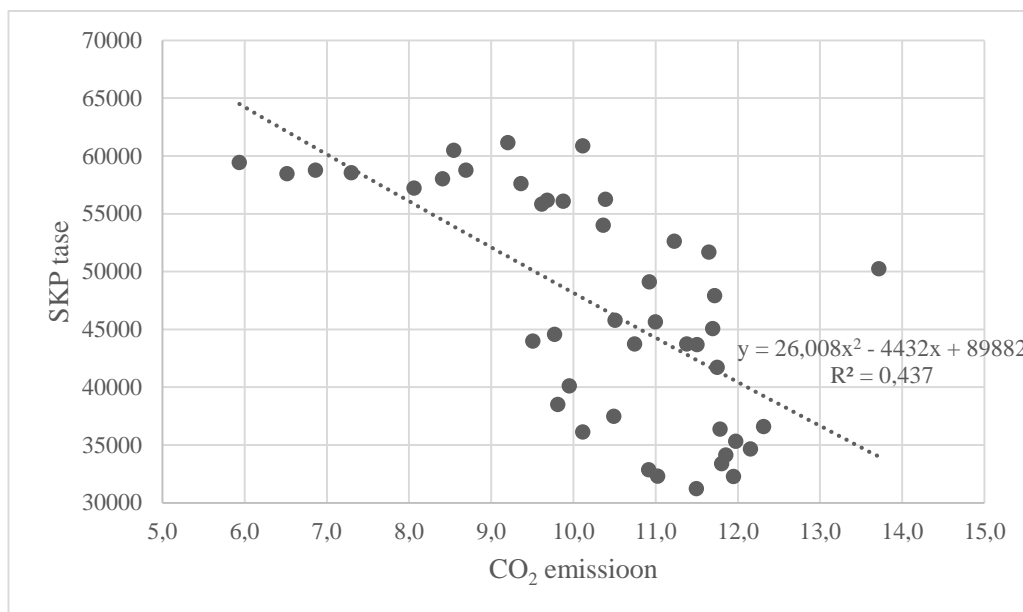
Taanis on energiatarbimisega sarnaselt, CO₂ emissioonid langustrendis. SKP taseme ja CO₂ emissioonide vahel on Taanis keskmise suunaga negatiivne, ehk erisuunaline lineaarne seos, korrelatsioonikordaja nende kahe vahel on -0,661 (vt lisa 2). See ühtib ka (World Economic ... 2017: 28-29) rapordiga, mis näitab, et globaalselt on võimalik majanduskasvu ja CO₂ emissioonide vahel näha nõrgenevat seost. Taani puhul on seos muutunud negatiivseks. Taanis on energiatarbimise ja CO₂ emissioonide vaheline lineaarne korrelatsioonikordaja 0,89 (vt lisa 2), mis näitab tugevat positiivset samasuunalist seost kahe näitaja vahel. Eestis on energiatarbimise ja CO₂ emissioonide vahel tugevam seos, mis tõstatab vajaduse leida viise, kuidas seda seost Eestis nõrgemaks muuta. Energiatarbimise ja CO₂ emissioonide muutust Taanis on võimalik näha joonis 9 (vt lk 41).



Joonis 9. Energiatarbimine ja CO₂ emissioon Taanis
Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

Taanis, erinevalt Eestist, on SKP taseme kasvuga kaasnenud CO₂ emissioonide langus (vt joonis 9). SKP taseme kasvu ja CO₂ vahelist seost iseloomustab lineaarne korrelatsioonikordaja -0,66 (vt lisa 2). See on keskmise tugevusega negatiivne erisuunaline seos. Ehk energiatarbimise kasvamisel, väheneb CO₂ emissioon. CO₂ emissioonide langust majandusarengu hilisemas faasis on tõestanud mitmed autorid (Zaman ja Moemen 2017; Wang S. *et al.* 2018). Emissioonide langus võib olla tingitud tänu madalale energiamahukusele (vt eelmine alapeatükk), aeglasemale majanduskasvule (World Economic ... : 28-29) ning samuti ka sellele, et Taanis on taastuva energia osakaal suur. Lisaks näitab CO₂ emissioonide langus ja SKP taseme kasv, et on olemas sarnaseid jooni Ekins (2000) tööga, kus ta tõi välja, et keskkonna seisukorra parandamiseks on majanduskasv vajalik.

EKC kõvera olemasolu analüüsimiseks tehti Taani andmete kohta samuti hajusdiagramm, mis ei näita EKC kõvera kehtimist (vt joonis 10, lk 42). Graafiline analüüs võib viidata sellele, et erinevalt Eestist, on Taani EKC kõvera lõpuosas ning pöördepunkt CO₂ emissioonides võis olla nii ammu, et seda ei ole võimalik kasutatud aegrea puhul graafiliselt näha. Taanis on energiatarbimine on vähenenud ka SKP taseme kasvust hoolimata ja kuna Taani kõrgelt arenenud riik, siis on teooria põhjal on loogiline ka CO₂ emissioonide langus (Zaman ja Moemen 2017; Wang *et al.* 2018).



Joonis 10. SKP tase ja CO₂ emissioon Taanis
Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal.

Eestis oli minimaalne CO₂ emissioonide tase (10,64) 2000. aastal ning maksimaalne (15,09) aastal 2014. Eestis on 1995-2014 ajavahemikus kasvanud CO₂ emissioonid 21,75%. Taani saavutas maksimaalse CO₂ emissioonide taseme (13,71) 1996. aastal ning minimaalse (5,94) vaadeldava ajaperioodi lõpus: 2014. aastal. Taanis on vaadeldava ajaperioodi jooksul (1971-2014) langenud CO₂ emissioonid 48,35%. Sarnaselt energiatarbimisele, ei ole Taanis kunagi olnud nii kõrget CO₂ emissiooni kui Eestis. Kuna CO₂ emissioonide kasv on tihedalt seotud fossiilsete kütuste põletamisega (Sineviciene, *et al.* 2017: 878), siis suur CO₂ emissioon Eestis vastab ootustele, sest Eestis kasutatakse peamiselt põlevkivi. Käesoleva töö edasiarendamiseks on võimalik veel täpsemalt uurida, kui suur mõju on energiatõhususe parandamisel kui ka näiteks energia impordil nii CO₂ kui ka muude energiatarbimisega kaasnevate ühendite emissioonile Eestis ja Taanis.

Taani CO₂ emissioonide analüüsimiseks koostati regressioonimudel, mille puhul sõltuvaks muutujaks oli CO₂ emissioon ning sõltumatuteks muutujateks energiatarbimine, SKP tase ja energiamahukus. Kõik sõltuvad muutujad olid mudelis statistiliselt olulised. Mudeli kirjeldustase oli kõrge – 96,6% ning mudel tervikuna statistiliselt oluline. TOL ja VIF viitasid multikollineaarsuse puudumisele, kuid väga

kõrge CI (98,11) tõttu multikollineaarsuse vähendamiseks eemaldati mudelist energiamahukus. Saadud mudeli (mudel 5) kirjeldustase on samuti kõrge – 93,9%. Durbin-Watsoni statistik uue mudeli puhul autokorrelatsiooni ei näidanud ning mudel on tervikuna statistiliselt oluline (vt lisa 4). TOL, VIF ja CI väärtused näitasid multikollineaarsuse puudumist (vt lisa 4). Tulemusi tõlgendati ainult kõige suurema kirjeldustasemega mudeli puhul.

Tabel 7. Mudel 5 - Taani CO₂ emissiooni taset iseloomustav regressioonmudel

Sõltuv muutuja või kordaja	Vabaliige	Energiatarbimine	SKP tase (SKP/1000in)
CO ₂ =	- 4,229	+ 0,005	- 0.068
(t)	-3,785	18,420	-9,925
(se)	1,117	0,000	0,000
(p)	0,000	0,000	0,000

Allikas: autori arvutused, WDI andmete põhjal

Mudel 5 näitab, et Taanis üheühikuline kasv energiatarbimises suurendab CO₂ emissiooni 0,005 ühiku võrra ning kui SKP tase 1000 inimese kohta kasvab ühe ühiku võrra, siis langeb CO₂ emissioon 0,068 võrra. Kuna Taani on kõrgelt arenenud riik, siis tulemused ühtivad Zaman ja Moemeni (2017) kui ka Wang S. *et al.* (2018) tööde tulemustega, mille puhul leiti, et CO₂ emissioon väheneb tulu kasvuga arengu hilisemates faasides.

Katsetati samuti diferentsidega regressioonmudelit (mudel 6), mille puhul mudeli kirjeldustase oli samuti hea – 89,5%. Durbin-Watsoni statistik viitas autokorrelatsiooni puudumisele. Mudel oli statistiliselt oluline ning TOL, VIF ja CI väärtused viitasid kõik multikollineaarsuse puudumisele (vt lisa 4).

Sealhulgas katsetati ka viitaegadega regressioonmudelit (mudel 7). Selle mudeli kirjeldustase oli 65%, Durbin-Watsoni statistik viitas autokorrelatsiooni puudumisele ning mudel oli tervikuna statistiliselt oluline (vt lisa 4). Mudel 7 sõltuvad muutujad (1. järku viitajaga energiatarbimine ja 2. järku viitajaga SKP) olid statistiliselt olulised. TOL ja VIF mõlema puhul viitasid multikollineaarsuse puudumisele, kuid CI viitab multikollineaarsusele (vt lisa 4).

Taani EKC kõvera hindamiseks loodi ka regressioonimudel (mudel 8), kus sõltuvaks muutujaks oli CO₂ emissioon ning sõltumatuteks muutujateks SKP tase ja SKP tase ruudus. Mudel oli tervikuna statistiliselt oluline ning selle kirjeldustase oli 76,1% (vt lisa 4). Durbin-Watsoni statistik viitab autokorrelatsiooni puudumisele (vt lisa 4). VIF ja CI väärtused näitavad multikollineaarsust, kuid see on ka loogiline, sest SKP tase ruudus ei saa muutuda ilma SKP taseme muutumiseta. Mudelit peaks edasi arendama, eemaldades multikollineaarsuse ning samuti võiks katsetada muutujate puhul logaritmitud väärtusi.

Eesti puhul tehti CO₂ emissioonide analüüsimiseks kõigepealt regressioonimudel, mille sõltuvaks muutujaks oli CO₂ emissioon ning sõltumatuteks muutujateks energiatarbimine, SKP tase ja energiamahukus. Statistiliselt ebaolulisteks muutujateks (sig>0,05) osutusid SKP tase ja energiamahukus, mis eemaldati mudelist. Saadi suurema kirjeldustasemega mudel (mudel 9, vt tabel 8), kus sõltuvaks muutujaks oli CO₂ ning sõltumatuteks muutujateks energiatarbimine ja trendimuutuja. Nimetatud mudel on ühtlasi kõikide mudelite (sh diferentside ning viitaegadega, vt lk 45) hulgast kõige suurema kirjeldustasemega, mille tõttu valiti ainult see tulemuste tõlgendamiseks. Mudeli determinatsioonikordaja (R²) näitab, et mudeli kirjeldustase on 96,9%. Durbin-Watsoni statistik on kahele lähedal ning seega viitab autokorrelatsiooni puudumisele. Mudel on tervikuna statistiliselt oluline. TOL ja VIF energiatarbimise ja trendimuutuja puhul samad ning ühtlasi viitasid multikollineaarsuse puudumisele. CI on trendimuutuja puhul suurem kui 30 ning viitab seega multikollineaarsusele, mis võib olla tingitud väikesest valimist. Kõiki eelnimetatud regressioonimudeli näitajad on võimalik näha lisa 4.

Tabel 8. Mudel 9 – Eesti CO₂ emissiooni iseloomustav regressioonimudel

Sõltuv muutuja või kordaja	Vabaliige	Energiatarbimine	Trend
CO ₂ =	-2,276	+ 0,004	- 0,029
(t)	-3,030	18,106	-2,174
(se)	0,751	0,000	0,013
(p)	0,008	0,000	0,044

Allikas: autori arvutused, WDI andmete põhjal

Tulemused näitavad, et Eestis üheühikuline energiatarbimise kasv suurendab CO₂ emissiooni 0,004 võrra. Trendimuutuja näitab CO₂ emissioonide vähenemist, kuid energiatarbimise kasvul on positiivne mõju CO₂ emissioonidele. Huvitavaks tulemuseks

on see, et graafiline analüüs kui ka EKC kõvera hajusdiagramm näitasid CO₂ emissioonide kasvutrendi, siis regressioonimudeli (mudel 9) trendimuutuja näitab CO₂ emissioonide vähenemist.

CO₂ emissioonide hindamiseks katsetati samuti diferentsidega regressioonmudeleid, kõige suurema kirjeldustasemega (94,5%) oli mudel, kus sõltumatuteks muutujateks olid 1. järku diferentsidega SKP tase ja energiatarbimine (mudel 10). Durbin-Watsoni statistik oli kahele lähedal ning viitas autokorrelatsiooni puudumisele (vt lisa 4). Mudel oli tervikuna statistiliselt oluline ning TOL, VIF ja CI väärtused viitasid kõik multikollineaarsuse puudumisele (vt lisa 4). Statistiliselt ebaoluliseks muutujaks osutus 1. järku diferentsiga SKP taseme muutuja.

Katsetati ka viitaegadega regressioonmudeleid. Mitmete viitaegadega mudelite hulgas oli kõige parema kirjeldustasemega (62,3%) regressioonimudel, kus sõltuvaks muutujaks oli CO₂ emissioon ning sõltumatuteks 1. ja 2. järku viitaegadega energiatarbimine ja SKP tase (mudel 11). Durbin-Watsoni statistik viitab autokorrelatsiooni puudumisele ja mudel on tervikuna statistiliselt oluline (vt lisa 4). TOL ja VIF mõlema muutuja puhul viitasid multikollineaarsuse puudumisele, lisas 4 on välja toodud kõige suuremad mudeli TOL ja VIF näitajad. CI viitas multikollineaarsusele, mis võib olla tingitud väikesest valimist. Kõik sõltumatud muutujad v.a. vabaliige olid statistiliselt ebaolulised – nende sig oli suurem kui 0,05.

Eesti EKC kõvera hindamiseks loodi samuti regressioonimudel, kus sõltuvaks muutujaks on CO₂ emissioon ning sõltumatuteks muutujateks SKP tase ja SKP tase ruudus (mudel 12). Mudel on tervikuna statistiliselt oluline ning selle kirjeldustase on 63,8%. Durbin-Watsoni statistik viitab autokorrelatsiooni puudumisele (vt lisa 4). VIF ja CI väärtused näitavad multikollineaarsust (vt lisa 4), mis on ootuspärane, sest SKP taseme ruut ei saa muutuda ilma SKP taseme muutuseta. Sarnaselt Taani EKC kõvera regressioonimudelile, peaks mudelit edasi arendama, eemaldades multikollineaarsuse ning katsetades muutujate puhul logaritmitud väärtusi.

Kuna Eestis on energiatarbimine ja CO₂ emissioonid tugevalt seotud, siis viimase langus on võimalik energiatarbimise vähendamise kaudu. Eestis on energiatarbimisel ja majanduskasvu vahel keskmise tugevusega seos, seega energiatarbimist ei tohiks järsult vähendada. Kirjandusest on selgunud, et energiatarbimise vähenemist on võimalik saavutada ka energiatõhususe parandamise kaudu, mis võimaldaks muuta ka majanduskasvu ja energiatarbimise vahelist seost nõrgemaks. Ehk energiatõhususe parandamisega on Eestis võimalik energiatarbimist ja CO₂ emissiooni vähendada majanduskasvu pärssimata. Kirjanduses on rõhutatud energiatarbimise ja majanduskasvu vaheliste seoste uurimist riigiti ning sellele on ka käesoleva töö empiirilise osaga saadud kinnitust, olenemata sellest, et nii Eesti kui ka Taani on mõlemad arenenud riigid.

KOKKUVÕTE

Energiatarbimine ja majanduskasv on keerulised teemad ning nende vaheliste seoste uurimine on oluline ka olenemata laialdasest kirjandusest. Teadlased ei ole jõudnud antud teema puhul kokkuleppele, kuidas on need kaks näitajat omavahel seotud, sest erinevad tulemused on tingitud mitmest erinevast faktorist nagu näiteks andmete, uurimismeetodite ja riikide erinevused. Kuid kuna energiatarbimine ja majanduskasv on riikides kesksel kohal, siis tekib vajadus uurida seoseid regioonispetsiifiliselt, et oleks tulemuste põhjal võimalik luua kõige optimaalsemad poliitikad.

Majanduskasv mõjutab laiemas plaanis energiatarbimist läbi nõudluse suurenemise, mis suurendab tootmist ja seega ka energiatarbimist. Kirjandus näitab, et kõrgelt arenenud riikides on energiatarbimisel ja majanduskasvul nõrk või negatiivne seos ning vähem arenenud riikides positiivne seos. Vähem arenenud riikides on tõenäolisem saavutada kõrget majanduskasvu, seega nendes riikides võib energiatarbimine oluliselt suureneda. Majanduskasv soodustab teisalt ka energiainfrastruktuuri paranemist ning majanduse arenguga kaasneb samuti struktuurne muutus vähem energiamahukamatele sektoritele, mis vähendavad energiatarbimist pikas perspektiivis.

Majanduse arenguga kaasnevate positiivsetest mõjudest hoolimata, peab kliima soojenemise ja keskkonnale kaasneva kahju tõttu tegelema sellega, et igast energiaühikust oleks võimalik saada maksimaalselt lisaväärtust. Seetõttu on muutunud mõiste majanduskasvu ja energiatarbimise lahti sidumine (*decoupling of economic growth and energy consumption*) väga oluliseks. Sisuliselt tähendab see energiatarbimise vähenemist isegi majanduskasvu tingimustes. Kirjandus on näidanud, et mõnes kõrgelt arenenud riigis on majanduskasvu ja energiatarbimise lahti sidumises oldud edukad ning tulevikus on globaalselt seda ilmselt võimalik näha järjest rohkem.

Energiatarbimist on globaalses plaanis võimalik vähendada energiatõhususe parandamisega. See on eriti oluline nende riikide puhul, kus muidu energiatarbimise vähendamine aeglustaks majanduskasvu. Energiatõhususe parandamisega oleks võimalik saavutada väiksema energiakoguse kasutamine, säilitades samal ajal majandustegevust ning vähendades ka keskkonnakahju. Kirjandus on näidanud, et energiatõhususe parandamisel on ka muid positiivseid mõjusid majandusele üleüldiselt: pingete vähenemine energiaturgudel, tootlikkuse suurenemine jm. Energiatõhususe parandamisest saadava kasu tõttu peaks energiatõhususe parandamine olema energia- kui ka majanduspoliitikas olulisel kohal.

Energiatarbimise vähendamine on ka väga oluline keskkonnakaitse seisukohast, sest sellega kaasnevad kasvuhoonegaaside emissioonid panustavad olulisel määral kliimasoojenemisse. Energiatarbimisest kaasneva keskkonnamõju hindamisel kasutatakse tihtipeale Kuznets'i keskkonnakõverat (EKC kõver), mis iseloomustab negatiivse keskkonnamõju intensiivsuse muutust majanduskasvu korral: majanduse arengu alguses on keskkonnakahju suur ning mingist majandusarengu faasist hakkab kahju keskkonnale vähenema. Antud töö puhul analüüsitakse CO₂ emissiooni, sest CO₂ emissioon on peamiselt põhjustatud energia tootmisest ja tarbimisest.

Käesolevas töös uuriti, kuidas on seotud omavahel energiatarbimine ja majanduskasv. Teemavalik on põhjendatud, kuna Eesti kontekstis on seda vähe uuritud ning kirjandusest selgus teema uurimise vajadus regioonispetsiifiliselt. Taani valiti võrdlusena kõrvale, kuna Taani on tuntud oma loodussõbraliku energiatarbimise poolest. Töö autor uuris nende kahe riigi puhul energiatarbimist, energiatõhususe ja CO₂ vahelisi seoseid majanduskasvu taustal. Näitajate vahel uuriti nii korrelatiivseid seoseid kui ka regressioonmudelitel põhinevaid seoseid. Kuna kasutatavad aegread nii Eesti (1995-2014) kui ka Taani (1971-2014) puhul on suhteliselt lühikesed, siis peaks tulemustesse suhtuma kriitiliselt.

Tulemused näitasid, et Eestis on energiatarbimine kasvutrendis ning energiatarbimise ja SKP taseme vahel on keskmise tugevusega positiivne seos, mis näitab, et SKP taseme kasvuga kaasneb ka energiatarbimise kasv. Taanis aga SKP taseme kasvuga kaasneb

energiatarbimise langus ning kõrgeim energiatarbimise tase saavutati 1996. aasta lõpus. Regressioonmudel näitas, et Taanis suurendab SKP taseme kasv energiatarbimist, kuid kuna Eesti kohta ei olnud võimalik regressioonmudelit teha, siis ei saa öelda, kui palju suurendaks Eestis SKP taseme kasv energiatarbimist. Sellegipoolest, kuna Taanis pole kunagi nii kõrget energiatarbimist olnud kui Eestis, peab Eestis energiatarbimise vähendamisega aktiivselt tegelema ning üks selle vähendamise võimalustest oleks energiatõhususe parandamine. Kirjandusest selgus, et Eesti energiatõhusus on Euroopa Liidus üks kõige ebaefektiivsemaid.

Kuna energiatõhusust on kõige täpsemini võimalik hinnata protsessi või tehase tasemelt ja vastavad andmeid ei olnud saadaval, siis kasutati energiatõhususe hindamiseks indikaatorina energiamahukust, sest energiatõhusus ja energiamahukus on tihedalt seotud. Nii Eestis kui ka Taanis on energiamahukus olnud langustrendis, olenemata SKP taseme kasvust. Samuti, vaadeldavatel ajaperioodidel ei ole Taanis olnud kunagi nii kõrget energiamahukust kui Eestis. Lisaks, kuna Eestis on energiamahukus langenud, aga energiatarbimine kasvanud, siis tulemused viitavad sellele, et energiamahukuse langus on tingitud pigem majanduse struktuursete muutuste tõttu, mitte niivõrd energiatõhususe parandamisest, mistõttu on oluline jätkuvalt tegeleda Eestis energiatõhususe parandamisega.

Keskkonnamõju hindamisel selgus, et sarnaselt energiatarbimisele, on ka Eestis CO₂ emissioonid kasvutrendis ja Taanis langustrendis. Tulemus on ootuspärane, sest kirjandus on näidanud, et energiatarbimine ja CO₂ emissioonid on omavahel tihedalt seotud. EKC kõverate analüüsimise puhul koostati hajusdiagrammid, mis küll ei näidanud EKC kõverat, kuid viitasid sellele, et Eesti ja Taani asetsevad EKC kõvera eri osades. Keskkonnamõju hindamiseks koostatud regressioonmudelid viitasid sellele, et Taanis kui Eestis suurendab energiatarbimise kasv CO₂ emissiooni.

Kuna uuritavate riikide analüüsi tulemused on küllaltki erinevad, siis ka selle töö puhul ilmnes antud teema uurimise olulisus riigispetsiifiliselt. Järgnevates uuringutes soovitab autor kasutada pikemaid aegridu ning uurida majanduskasvu ja energiatarbimise vahelisi põhjuslikke seoseid. Lisaks, täpsemaks keskkonnamõju hindamiseks, on vajalik

analüüsida ka teisi energiatarbimisega kaasnevaid ja liigses koguses keskkonnale kahjulikke ühendite emissiooni. Samuti on vaja uurida, kas ja millised tegurid takistavad Eestis energiatõhususe parandamist.

VIIDATUD ALLIKAD

1. **Alam, M., Murad, W., Noman, A. H., & Ozturk, I.** (November 2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466-479. doi:10.1016/j.ecolind.2016.06.043
2. **Andrei, J. V., Micila, M., & Panait, M.** (2017). The impact and determinants of the energy paradigm on economic growth in European Union. *PLoS ONE*, 12(2), 1-17. doi:10.1371/journal.pone.0173282
3. **Aydin, C., & Esen, Ö.** (2018). Does the level of energy intensity matter in the effect of energy consumption on the growth of transition economies? Evidence from dynamic panel threshold analysis. *Energy Economics*, 185-195. doi:10.1016/j.eneco.2017.11.010
4. **Ayres, R. U., Turton, H., & Casten, T.** (2007). Energy efficiency, sustainability and economic growth. *Energy*, 32(5), 634-648. doi:10.1016/j.energy.2006.06.005
5. **Bataille, C., & Melton, N.** (2017). Energy efficiency and economic growth: A retrospective CGE analysis for Canada from 2002 to 2012. *Energy Economics*, 64, 118-130. doi:10.1016/j.eneco.2017.03.008
6. **Belke, A., Dobnik, F., & Dreger, C.** (2011). Energy consumption and economic growth: New insights into the cointegration relationship. *Energy Economics*, 33(5), 782-789. doi:10.1016/j.eneco.2011.02.005
7. **Bibas, R., Mejean, A., & Hamdi-Cherif, M.** (2015). Energy efficiency policies and the timing of action: An assessment of climate mitigation costs. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 137-152. doi:10.1016/j.techfore.2014.05.003

8. **Bumelyte, J., & Galiniene, B.** (2013). The Place of Energy Efficiency in the State Economic Policy: The Importance of Housing Sector in Lithuania. *Transformation in Business & Economics*, 12(1), 21-40.
9. **Bölük, G. I., & Mert, M.** (2014). Fossil & renewable energy consumption, GHGs (greenhouse gases) and economic growth: Evidence from a panel of EU (European Union) countries. *ENERGY -OXFORD-*, 74, 439-446. doi:10.1016/j.energy.2014.07.008
10. **Caetano, N. S., Mata, T. M., Martins, A. A., & Felgueiras, M. C.** (2017). New Trends in Energy Production and Utilization. *Energy Procedia*, 107, 7-14. doi:10.1016/j.egypro.2016.12.122
11. **Caraiani, C., Lungu, C. I., & Dascelu, C.** (April 2005). Energy consumption and GDP causality: A three-step analysis for emerging European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 198-210. doi:10.1016/j.rser.2014.12.017
12. **Chang, M.-C., & Shieh, W.-S.** (2017). The Relations Between Energy Efficiency and GDP in the Baltic Sea Region and Non-Baltic Sea Region. *Transformation in Business & Economics*, 16(2), 235-247.
13. **Coers, R., & Sanders, M.** (2013). The energy - GDP nexus: addressing an old question with new methods. *Energy Economics*, 36, 708-715. doi:10.1016/j.eneco.2012.11.015
14. **Dinda, S.** (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455. doi:10.1016/j.ecolecon.2004.02.011
15. **Ekins, P.** (2000). *Economic Growth and Environmental Sustainability. The prospects for green growth*. London: Routledge.
16. Energiamajanduse arengukava aastani 2030. Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium. (2017). Tallinn, Eesti. Allikas: [https://www.mkm.ee/sites/default/files/enmak_2030.pdf] Kasutamise kuupäev: 16. aprill 2018.
17. Euroopa Komisjon. *Policies, information and services*. 2020 climate & energy package: Allikas: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en] Kasutamise kuupäev: 28. aprill 2018.

18. **Foxton, T. J., Gross, R., Chase, A., Howes, J., Arnall, A., & Anderson, D.** (2005). UK innovation systems for new and renewable energy technologies: drivers, barriers and systems failures. *Energy Policy*, 33(16), 2123-2137. doi:10.1016/j.enpol.2004.04.011
19. **Fu, H.-C., & Pao, H.-T.** (Oktober 2013). The causal relationship between energy resources and economic growth in Brazil. *Energy Policy*, 793-801. doi:10.1016/j.enpol.2013.06.113
20. **Hess, P., & Ross, C.** (1997). *Economic Development*. Orlando: The Dryden Press.
21. **Kaygusuz, K.** (2012). Energy for sustainable development: A case of developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 1116-1126. doi:10.1016/j.rser.2011.11.013
22. **Kepplinger, D., Templ, M., & Upadhyaya, S.** (2013). Analysis of energy intensity in manufacturing industry using mixed-effects models. *Energy*, 59, 754-763. doi:10.1016/j.energy.2013.07.003
23. **Kluczek, A.** (2017). Assessing Measures of Energy Efficiency Improvement Opportunities in the Industry. *LogForum*, 13(1), 29-38. doi:10.12270/J.LOG.2017.1.3
24. **Lechthaler, F.** (2017). Economic growth and energy use during different stages of development: an empirical analysis. *Environment and Development Economics*, 22(1), 26-50. doi:10.1017/S1355770X16000243
25. **Lungu, I., Bara, A., & Popeangă, J.** (2014). Measuring and improving energy efficiency indicators for a greener Romania. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 48(2), 1-14.
26. **Lyu, W., Li, Y., Guan, D., Zhao, H., Zhang, Q., & Liu, Z.** (1. October 2016. a.). Driving forces of Chinese primary air pollution emissions: an index decomposition analysis. *Cleaner Production*, 133, 136-144. doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.093
27. **Mahadevan, R., & Asafu-Adjaye, J.** (2007). Energy consumption, economic growth and prices: A reassessment using panel VECM for developed and developing countries. *Energy Policy*, 35(4), 2481-2490. doi:10.1016/j.enpol.2006.08.019

28. **Markandya, A., Perelet, R., Mason, P., & Taylor, T.** (2002). *Dictionary of Environmental Economics*. London: Earthscan Publications Ltd.
29. **Moreau, V., & Vuille, F.** (2018). Decoupling energy use and economic growth: Counter evidence from structural effects and embodied energy in trade. *Applied Energy*, 215, 54-62. doi:10.1016/j.apenergy.2018.01.044
30. **Narayan, S.** (Aprill 2016. a.). Predictability within the energy consumption - economic growth nexus: Some evidence from income and regional groups. *Economic Modelling*, 515-521. doi:10.1016/j.econmod.2015.12.037
31. **Omri, A., & Kahouli, B.** (April 2014. a.). Casual relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth: Fresh evidence from dynamic simultaneous-equations models. *Energy Policy*, 67, 913-922. doi:10.1016/j.enpol.2013.11.067
32. **Onafowora, O. A., & Owoye, O.** (2014). Bounds testing approach to analysis of the environment Kuznets curve hypothesis. *Energy Economics*, 44, 47-62. doi:10.1016/j.eneco.2014.03.025
33. **Ozturk, I.** (January 2010. a.). A literature survey on energy growth nexus. *Energy Policy*, 38(1), 340-349. doi:10.1016/j.enpol.2009.09.024
34. **Rajbhandari, A., & Zhang, F.** (2018). Does energy efficiency promote economic growth? Evidence from a multicountry and multisectoral panel dataset. *Energy Economics*, 69, 128-139. doi:10.1016/j.eneco.2017.11.007
35. **Saidi, K., & Hammami, S.** (2016). Economic growth, energy conspumption and carbone dioxide emissions: Recent evidence from panel data analysis for 58 countries. *Quality & Quantity: International Journal of Methodology*, 50(1), 361-383. doi: 10.1007/s11135-014-0153-1
36. **Saidi, K., Rahman, M., & Amamri, M.** (August 2017). The casual nexus between economic growth and energy consumption: New evidence from global panel of 53 countries. *Sustainable Cities and Society*, 33, 45-56. doi:10.1016/j.scs.2017.05.013
37. **Shahbaz, M., Zakaria, M., Shahzad, S. J., & Mahalik, M. K.** (Märts 2018). The energy consumption and economic growth nexus in top ten energy-consuming countries: Fresh evidence from using the quantile-on-quantile approach. *Energy Economics*, 71, 282-301. doi:10.1016/j.eneco.2018.02.023

38. Sineviciene, L., Sotnyk, I., & Kubatko, O. (2017). Determinants of energy efficiency and energy consumption of Eastern Europe post-communist economies. *Energy and Environment*, 28(8), 870-884. doi:10.1177/0958305X17734386
39. Śmiech, S., & Papież, M. (2014). Energy consumption and economic growth in the light of meeting the targets of energy policy in the EU: The bootstrap panel Granger causality approach. *Energy Policy*, 71, 118-129. doi:10.1016/j.enpol.2014.04.005
40. Zaman, K., & Moemen, M. A. (Juuli 2017). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic development: Evaluating alternative and plausible environmental hypothesis for sustainable growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 1119-1130. doi:10.1016/j.rser.2017.02.072
41. Zhang, F. (2013). The energy transition of the transition economies: An empirical analysis. *Energy Economics*, 40, 679-686. doi:10.1016/j.eneco.2013.09.001
42. Zhao, H., Guo, S., & Zhao, H. (2018). Impacts of GDP, fossil fuel energy consumption, energy consumption intensity, and economic structure on SO2 emissions: A multi-variate panel data model analysis on selected Chinese Provinces. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3), 1-20. doi:10.3390/su10030657
43. Taylor, P. G., d'Ortigue, O. L., Francoeur, M., & Trudeau, N. (2010). Final energy use in IEA countries: The role of energy efficiency. *Energy Policy*, 38(11), 6463-6474. doi:10.1916/j.enpol.2009.05.009
44. Văduva, M. (2008). ECONOMIC GROWTH MEASUREMENT. *Annals of the University of Petrosani Economics*, 8(2), 279-282.
45. Wang, C.-N., Ho, H.-X. T., & Hsueh, M.-H. (2017). An Integrated Approach for Estimating the Energy Efficiency of Seventeen Countries. *Energies*, 10(10), 1-16. doi:10.3390/en10101597
46. Wang, J., Qiu, Y., He, S., Liu, N., Xiao, C., & Liu, L. (2018). Investigating the driving forces of NOx generation from energy consumption in China. *Journal of Cleaner Production*, 184, 836-846. doi:10.1016/j.jclepro.2018.02.305
47. Wang, S., Li, G., & Fang, C. (2018). Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from countries with

- different income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(2), 2144-2159. doi:10.1016/j.rser.2017.06.025
48. **Warr, B. S., & Ayres, R. U.** (2009). Evidence of causality between the quantity and quality of energy consumption and economic growth. *Energy*, 35(4), 1688-1693. doi:10.1016/j.energy.2009.12.017
49. World Economic Situation Prospects 2017, Full Report. United Nations. (2017). New York, USA. Allikas: [http://www.unescap.org/sites/default/files/Report%20-%20World%20Economic%20Situation%20Prospects%202017.pdf] Kasutamise kuupäev: 16. aprill 2018.
50. World Development Indicators. The World Bank. (2018). *DataBank*. Allikas: [http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators]. Kasutamise kuupäev: 10. märts 2018.
51. **Vlahinić-Dizdarević, N., & Šegota, A.** (2012). Total-factor energy efficiency in EU countries. *Proceedings of Rijeka School of Economics*, 2(30), 247-265. Allikas: [https://www.researchgate.net/publication/236120830_Total-factor_energy_efficiency_in_EU_countries] Kasutamise kuupäev: 21. aprill 2018.
52. **Wong, S. L., Chia, W.-M., & Chang, Y.** (2013). Energy consumption and energy R&D in OECD: Perspectives from oil prices and economic growth. *Energy Policy*, 62, 1581-1590. doi:10.1016/j.enpol.2013.07.025
53. Ühinenud Rahvaste Organisatsioon. (2015). *Paris Agreement*. United Nations. Allikas: [http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf]. Kasutamise kuupäev: 26. november 2017.
54. **Yang, X., Lou, F., Sun, M., Wang, R., & Wang, Y.** (2017). Study of the relationship between greenhouse gas emissions and the economic growth of Russia based on the Environmental Kuznets Curve. *Applied Energy*, 193, 162-173. doi:10.1016/j.apenergy.2017.02.034

LISAD

Lisa 1. Korrelatsioonikordajad energiatarbimise, SKP ja CO₂ emissiooni vahel Eestis

		Energiatarbimine (kg naftat inimese kohta)	SKP inimese kohta (2010. aasta USD püsivhindades)	CO ₂ emissioon (tonni inimese kohta)
Energiatarbimine (kg naftat inimese kohta)	Pearson Correlation	1	,654**	,980**
	Sig. (2-tailed)		,002	,000
	N	20	20	20
SKP inimese kohta (2010. aasta USD püsivhindades)	Pearson Correlation	,654**	1	,591**
	Sig. (2-tailed)	,002		,006
	N	20	20	20
CO ₂ emissioon (tonni inimese kohta)	Pearson Correlation	,980**	,591**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,006	
	N	20	20	20
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).				

Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal

Lisa 2. Korrelatsioonikordajad energiatarbimise, SKP ja CO₂ emissiooni vahel Taanis

		Energiatarbimine (kg naftat inimese kohta)	SKP inimese kohta (2010. aasta USD püsivhindades)	CO ₂ emissioon (tonni inimese kohta)
Energiatarbimine (kg naftat inimese kohta)	Pearson Correlation	1	-,339*	,891**
	Sig. (2-tailed)		,025	,000
	N	44	44	44
SKP inimese kohta (2010. aasta USD püsivhindades)	Pearson Correlation	-,339*	1	-,661**
	Sig. (2-tailed)	,025		,000
	N	44	44	44
CO ₂ emissioon (tonni inimese kohta)	Pearson Correlation	,891**	-,661**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	44	44	44
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).				
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).				

Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal

Lisa 3. Korrelatsioonikordajad energiamahukuse ja SKP taseme vahel Eestis ja Taanis

Eestis		SKP inimese kohta (2010. aasta USD püsivhindades)
Energiamahukus inimese kohta (energiatarbimine/SKP)	Pearson Correlation	-,900**
	Sig. (2-tailed)	,000
	N	20
Taanis		SKP inimese kohta (2010. aasta USD püsivhindades)
Energiamahukus inimese kohta (energiatarbimine/SKP)	Pearson Correlation	-,960**
	Sig. (2-tailed)	,000
	N	40
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).		

Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal

Lisa 4. Regressioonmudeleid kirjeldavad näitajad

Regressioonmudeleid kirjeldavad näitajad	R	R ²	F	sig	d	TOL	VIF	CI
Mudel 1	0,693	0,48	18,931	0,000	1,001	0,035	28,715	55,56
Mudel 2	0,989	0,977	887,002	0,000	0,526	0,801	1,248	39,171
Mudel 3	0,654	0,427	13,423	0,002	0,889	1,000	1,000	7,861
Mudel 4	0,935	0,874	58,766	0,000	0,498	0,524	1,910	34,676
Mudel 5	0,969	0,939	317,222	0,000	0,603	0,885	1,130	40,007
Mudel 6	0,946	0,895	169,618	0,000	2,364	0,868	1,153	2,137
Mudel 7	0,806	0,650	30,252	0,000	1,603	0,904	1,106	42,773
Mudel 8	0,872	0,761	42,358	0,000	1,238	0,035	192,781	161,862
Mudel 9	0,984	0,969	265,696	0,000	1,624	0,524	1,91	34,676
Mudel 10	0,972	0,945	138,279	0,000	1,546	0,829	1,206	2,096
Mudel 11	0,789	0,623	3,96	0,024	2,350	0,511	19,711	67,254
Mudel 12	0,799	0,638	9,396	0,001	1,8	0,123	118,899	103,857

Allikas: autori koostatud, WDI andmete põhjal

SUMMARY

THE RELATIONSHIPS BETWEEN ECONOMIC GROWTH AND ENERGY CONSUMPTION

Kertu Mustonen

Environmental issues have become increasingly important in the context of climate change. Therefore, it is as important as ever to take action to slow down climate warming. As economic growth and energy consumption are closely connected with human activity, it is essential to analyse the relationships between economic growth and energy consumption, in order to find the best possible ways to mitigate environmental damage without harming economic growth. In this paper, these relationships have been investigated in the context of Estonia and Denmark. The choice has been made considering the existing research gap in the context of Estonia. Denmark has been chosen as a comparison, as it is known for its environmentally friendly energy use.

The aim of this thesis is to investigate the relationships between economic growth and environmental impact of energy consumption in the context of Estonia and Denmark. In order to achieve this goal, the author has proposed following research tasks:

- To provide an overview of the theoretical foundations of relationships between energy consumption and economics.
- To provide an overview of theoretical foundations of relationships of energy efficiency and economics.
- To provide an overview of the environmental impacts of energy consumption and link with economic growth.
- To analyse the changes in energy consumption and environmental impacts of energy consumption in Estonia and Denmark.

- To compare the energy consumption and environmental impacts of energy consumption in Estonia and Denmark.
- To provide conclusions and recommendations.

An extensive body of literature exists on the relationships between economic growth and energy consumption, however scientists have not reached a consensus on how these two are exactly connected. Not reaching a consensus has been due to different findings, which have been caused because of the heterogeneity of countries, using different data and methodologies etc. However, as economics and energy play an important role in our society, it is important to investigate the links regionally in order to create the most optimal policies. If those panel data results are used, which may not be suitable in a specific region, the results of using that data could be counterproductive in achieving economical goals.

In a broader sense, economic growth increases energy consumption through rising demand, that increases production and therefore energy consumption. The literature shows that in highly developed countries, there is a negative correlation between energy consumption and economic growth and positive in developing countries. Furthermore, in developing countries, there is a greater possibility to achieve a higher economic growth which would also increase energy consumption significantly. On the other hand, economic growth also promotes the improvement of energy infrastructure and creates a structural shift towards less energy-intensive sectors that reduce energy consumption in the long term.

Having said that, it is vital in the context of environmental degradation to find ways how to decrease energy consumption without slowing down or inverting the economic growth. Therefore, the term decoupling of economic growth and energy consumption has become increasingly important. It refers to achieving a decrease in energy consumption under the conditions of economic growth. The literature shows, that in some developed countries, it has been achieved and in the future, decoupling of economic growth and energy consumption will be seen more.

Globally, it is possible to decrease energy consumption by improving energy efficiency and it is especially important for those countries, where otherwise it would be harmful for the economic growth to decrease energy consumption. By improving energy efficiency, it is possible to achieve a decrease in energy consumption, while maintaining economic activity and reducing environmental damage. Improvements in energy efficiency have also a positive effect to the economy in general. It is found that it reduces tensions in the energy market, increases productivity etc. Taking these into consideration, there should be constant improvements in energy efficiency.

As mentioned briefly before, a decrease in energy consumption is also relevant in the context of environmental protection, especially as energy consumption is the biggest sources of greenhouse gas emissions. In assessing the environmental damage from energy consumption, environmental Kuznets curve (EKC) is often used. It demonstrates that in the beginning of economic development, there is a great environmental damage, which starts to decrease after achieving a certain development stage. It is often depicted as an inverted U shaped curve. In this thesis, the CO₂ emissions are investigated in the context of economic growth, as CO₂ emissions are mainly caused by energy production and consumption.

The author analysed how energy consumption and economic growth are connected. The correlations and direction of relationship have been analysed. The latter is assessed with regression models. As available time series for Estonia (1995-2014) and Denmark (1971-2014) are short, these results must be treated critically.

The results show, that in Estonia, the energy consumption is on the rise and there is a positive medium correlation between GDP levels and energy consumption. In Denmark, the energy consumption decreases while the GDP level is on the rise. Denmark achieved its maximum energy consumption in the end of 1996. Regression analysis showed that rise in GDP increases energy consumption. In the case of Estonia, regression model could not be done, therefore it could not be assessed how much the changes in GDP influences energy consumption. Nevertheless, in Denmark, there has never been as high energy consumption per capita than in Estonia. Therefore, it is essential for Estonia to find ways

how to decrease energy consumption. One of the possibilities would be improving energy efficiency, furthermore, as it turned out in the literature, Estonia has one of the least efficient energy consumptions in European Union.

In assessing the energy efficiency, energy intensity was used as an indicator. This was done due to the reason that energy efficiency can be assessed most accurately on the level of process and factories and that data was unavailable to the author. In addition to, many authors have also previously assessed energy efficiency by calculating energy intensity. In Estonia and Denmark, energy intensities have been decreasing, in spite of the increases in GDP. Furthermore, in Denmark, there has also never been energy intensity as high as in Estonia. Decrease in energy intensity can be achieved by improving energy efficiency and the results show that in the case of Estonia, it is very important to invest in improving energy efficiency.

When assessing the environmental impacts, it turned out, that similarly to the energy consumption, CO₂ emissions have decreased in Denmark and increased in Estonia. It is supported by the literature, which states that energy consumption and CO₂ emissions are interconnected. EKC scatter diagrams implied that Estonia and Denmark are on different parts of environmental Kuznets curve. Regression analysis showed that both in Estonia and Denmark, the rise in energy consumption increases CO₂ emissions.

As the results between the countries were quite different, the importance of assessing the relationships between energy consumption and economic growth regionally becomes evident. The author suggests using longer time series and adding more dependent variables into the regression model, in order to assess these relationships more specifically. Furthermore, the author suggests analysing the factors which inhibit making improvements in energy efficiency in Estonia. Lastly, the author emphasizes the necessity to investigate the causal relationship between energy consumption and economic growth in Estonia.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Kertu Mustonen,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Majanduskasvu ja energiatarbimise vahelised seosed Eesti ja Taani näitel“, mille juhendaja on Helen Poltimäe,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **14.05.2018**